

KGBauko *aktuell*



November 2015

12



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich 13 Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion
Professor Architekt Stefan Schäfer

Franziska-Braun-Straße 3
64287 Darmstadt

Telefon: +49 6151 16 - 21380
Fax: +49 6151 16 - 21384

www.kgbauko.de
info@kgbauko.tu-darmstadt.de

KGBauko aktuell 12

1. Auflage, November 2015

1. Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion	11
1.1. Geschichte von KGBauko.....	12
1.2. Wir über uns	12
1.3. Mitarbeiter.....	13
1.4. Lehrbeauftragte	15
1.5. Studentische Hilfskräfte.....	16
1.6. Ehemalige KGBauko-Mitarbeiter (Auswahl)	18
2. Jahresrückblick - Exkursionen.....	22
2.1. Exkursion SS 2014, Frankfurt am Main	22
2.2. Exkursion WS 2014/2015, Lüdenscheid	24
2.3. Tagesexkursion SS 2014, Sankt Martin, Pfalz und Tagesexkursion SS 2015, Deidesheim, Pfalz	26
2.4. Exkursion SS 2015, Frankfurt am Main	28
3. Lehre	30
3.1. Digitale Selbsttests zum Abbau von Prüfungsängsten	30
3.2. Konstruktives Gestalten KG	37
3.2.1. Studentische Arbeiten „Faltwerk“ WS 2014/15	39
3.2.2. Studentische Arbeiten „Textile Faltwerke“, WS 2014/15	40
3.2.3. Studentische Arbeiten „Time Tunnel“, WS 2014/15	41

3.3. Baukonstruktion BK	43
3.3.1. Studentische Arbeit „Der Weg ist das Ziel“, SS 2014	44
3.3.2. Studentische Arbeit „Studio am See“, SS 2015	45
3.4. Grundlagen des konstruktiven Hochbaus GH	47
3.5. Green Building Design I	49
3.5.1. Studentische Arbeit, WS 2013 / 2014	50
3.5.2. Studentische Arbeit, WS 2014 / 2015	54
3.6. Green Building Design II	61
3.6.1. Studentische Arbeit, SS 2014	62
3.6.2. Studentische Arbeit, SS 2015	65
3.7. Freihandzeichnen FHZ	69
3.7.1. Studentische Arbeiten SS 2014 und SS 2015	70
3.8. Interdisziplinäres Projekt Bauingenieurwesen IPBU	76
3.9. Grundlagen des Planens, Entwerfens und Konstruierens GPEK	77
 4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel	 78
4.1. Sonderforschungsbereich SFB 666	79
4.1.1. Multifunktionale Bauteile aus Blech	80
4.1.2. Entwicklung eines Fassadenreinigungssystems als Demonstrationsobjekt des Sonderforschungsbereichs 666	83
4.1.3. Projektvorlesung des SFB 666	88

4.2. Baukonstruktion	90
4.2.1. Entwicklung eines Ansatzes zur wirtschaftlichen Umsetzung von Schalentragsystemen durch planare Fertigteile	90
4.3. Bionik im Bauwesen	100
4.3.1. Strukturbionik am Beispiel von Schmetterlingseiern – Teil I: Biologische Grundlagen	101
4.4. Bauen im Bestand	106
4.4.1. Kurzvorstellung des Forschungsprojektes Feuchtigkeitsbedingte Wärmeverluste	107
 5. Anhang	 112
5.1. Ausblick 2016	112
5.2. Danksagungen	113
5.3. Publikationen 2014 und 2015	114
5.4. Quellenverzeichnis	115
5.5. Abbildungsverzeichnis	118
5.6. Anfahrt	123
5.7. Impressum	124

Vorwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser,
liebe Freunde und Förderer von KGBauko,

nach der erfolgreichen Veröffentlichung von „KGBauko *aktuell*“ liegt nunmehr die dritte Ausgabe vor Ihnen. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von KGBauko haben wieder mit großem Engagement und Fleiß nützliche Informationen, Berichte und Dokumentationen der abgelaufenen akademischen Semester für Sie übersichtlich zusammengestellt.

Seit wenigen Monaten hat KGBauko nun den Status als Institut erlangt. Für das Vertrauen, das der Fachbereich 13 der TU Darmstadt damit in unser Schaffen gelegt hat, sind wir sehr dankbar. Wir sehen darin einen Auftrag für eine weithin vernetzte, breit gefächerte Lehre, die unsere Studierenden motiviert und weiterentwickelt aber auch für eine erfolgsorientierte Forschung, mit der wir die richtigen Fragen des Bauens aufgreifen.

In einer sich ständig wandelnden Lehr- und Forschungslandschaft wächst auch in uns das Selbstbewusstsein für das, was qualitativ wertvoll ist. In zurückliegenden Lehrprojekten konnten wir bereits

aufzeigen, dass praxisnahe, ergebnisorientierte Studienprojekte nicht nur die Studierenden zu Höchstleistungen anspornen, sondern auch außerhalb der Hochschule ein positives Medienecho erzielt. Es kommt mittlerweile auch vor, dass uns Industrie- und Messevertreter mit dem Wunschsprechen, das eine oder andere Studienprojekt auch für Ihre Produktparte zu wiederholen. Darauf sind wir sehr stolz.

In den zurückliegenden Monaten konnten wir erfolgreich interessante Veröffentlichungen und Forschungsanträge aus dem Bereich des Bauens und Ertüchtigens im Bestand, Optimierung von vorgefertigten Bauweisen, Modularisiertes Bauen und integrale Blechbauweisen einreichen und zum Teil akquirieren. Weitere Details hierzu finden Sie in dieser Broschüre.

Weiterhin finden sich nachfolgend ein Überblick über ausgewählte Themen und Lehrveranstaltungen sowie einige Ergebnisse unserer Studierenden. Interessant gefächert ist die Bandbreite der abgehaltenen Ver-

anstaltungen und die Zahl der Teilnehmer in unseren angebotenen LVs wächst stetig. Die Teilnehmerzahlen unserer Module haben sich auf hohem Niveau eingependelt; teilweise konnten auch im vergangenen Sommersemester wieder Rekordzahlen erzielt werden. Übergeordnet darüber steht die Gesamtzahl der Einschreibungen in unserem Fachbereich, die sich mittlerweile ebenso stabilisiert hat.

Im zurückliegenden Sommersemester konnten wir erstmals für ein großes Teilnehmerfeld eine Prüfung mit vorbereitetem Antwort-Wahlverfahren, das im Einklang mit dem geltenden Prüfungsrecht der TU Darmstadt erstellt wurde, durchführen. Bereits nach 2 Wochen konnten alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer ihre Prüfungsnote erfahren (vgl. 2014: 10 Wochen). Wir streben daher auch künftig an, unsere Leistungen mit dem verstärkten Einsatz von LMS (Learning Management System) zu optimieren. Perspektivisch streben wir an, dass es möglich sein wird, voll automatisierte Prüfungen im Online-Verfahren durchführen zu können. Wir sind also weiterhin sehr gespannt, wie sich diese Systeme in Zukunft entwickeln und arbeiten daran, durch Verbesserungsvorschläge

und rege Nutzungen hilfreiche Feedbacks an die Verantwortlichen zu adressieren.

Das nunmehr zurückliegende akademische Jahr war wieder sehr abwechslungsreich und kurzweilig. Das neu überarbeitete Curriculum des FB 13 mit neuen Modulordnungen in den sechs laufenden Studiengängen hat nun das Genehmigungsverfahren durchlaufen und wird im nun beginnenden Semester vollständig umgesetzt. Wir freuen uns auch wieder auf das kommende akademische Jahr, auf Ihre Unterstützung und viele zahlreiche neue Ideen, Beiträge, Forschungsthemen und Interaktionen mit unseren Studierenden. Bleiben Sie uns weiterhin gewogen!

Herzlichst



Prof. Stefan Schäfer
und das Team von KGBauko

Darmstadt, November 2015

1. Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion



Abb. 1: **Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion**
Franziska-Braun-Straße 3
3. und 4. Stock, Südflur

1.1. Geschichte von KGBauko

Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion – kurz KGBauko – besteht seit Oktober 1998 und wurde mit der Absicht gegründet, die konstruktive Ingenieurausbildung an der TU Darmstadt um Fächer mit gestalterischen und baukonstruktiven Fragestellungen zu bereichern. Diese Idee wird bereits an der Universität Stuttgart seit vielen Jahren erfolgreich praktiziert und zielt dort auf interdisziplinäre Arbeiten in der Architekten- und Ingenieurausbildung. Der Gründung von KGBauko geht eine mehrjährige Lehrauftragstätigkeit mit ähnlicher Ausrichtung im FB 13 durch Prof. Burkhard Pahl voraus. Mit der Berufung von Prof. Stefan Schäfer aus Stuttgart im Juli 1998 und dem Beginn des Lehrbetriebs im Oktober des gleichen Jahres wurde nun dieser Lehrbereich dauerhaft institutionalisiert und hat mittlerweile seinen festen Platz in der Ingenieurausbildung der TU Darmstadt und darüber hinaus. Seit 2015 ist KGBauko ein eigenständiges Institut der TU Darmstadt.

1.2. Wir über uns

Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion praktiziert Lehre und

Forschung im Spannungsfeld der Architektur und der Bauingenieurwissenschaften interdisziplinär. Mit Fächern wie Baukonstruktion, Konstruktives Gestalten, Green Building Design, Grundlagen des konstruktiven Hochbaus, GPEK, Freihandzeichnen und Geschichte des Konstruktiven Ingenieurbaus wird aktuell ein äußerst breites Fächerspektrum für ein Zuhörerpublikum mit verschiedenen Interessenschwerpunkten angeboten. Bereichert wird die Lehre durch zahlreiche außerplanmäßige Veranstaltungen, Exkursionen und interdisziplinären Kooperationen mit anderen Fachgebieten.

Im neu geschaffenen Masterstudiengang Bauingenieurwesen schlägt sich diese Bandbreite in einem eigenen Studienprofil „Hochbau (Sustainable Design)“ nieder.

Gemeinsam mit Studierenden werden wissenschaftliche Projekte mit entwerferischen, gestalterischen, konstruktiven Schwerpunkten bearbeitet. Innerhalb und außerhalb der TU Darmstadt bestehen Kooperationen in verschiedenste Fachbereiche und Institutionen. Die Mitarbeiter von KGBauko stammen aus verschiedenen Fachrichtungen und arbeiten grundsätzlich interdisziplinär.

1.3. Mitarbeiter



Stefan Schäfer, Prof. Dipl.-Ing. Architekt
Professor
sts@kgbauko.tu-darmstadt.de



Heike Czern, Dipl. Medienw. (FH)
Sekretärin
czern@kgbauko.tu-darmstadt.de



Scholeh Abedini, Dipl.-Ing.
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Sonderforschungsbereich 666
abedini@kgbauko.tu-darmstadt.de



Alexander Pick, Dipl.-Ing. Architekt
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Flächentragwerke und Mauerwerksbau
pick@kgbauko.tu-darmstadt.de



Irene Root, Dipl.-Ing.
Lehre und Forschung
Freihandzeichnen
root@kgbauko.tu-darmstadt.de



Jakob Reising, Dipl.-Ing.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
„Entwicklung einer Werkzeugbibliothek“
Forschung im Rahmen des SFB 666
reising@kgbauko.tu-darmstadt.de



Robert Burgaß, M. Eng.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Bauen im Bestand
burgass@kgbauko.tu-darmstadt.de



Adrian Zimmermann, M.Sc.
„Beschreibbarkeit von Ästhetik“
Forschung im Rahmen des SFB 666
zimmerm@kgbauko.tu-darmstadt.de

1.4. Lehrbeauftragte



Eberhard Pelke, Dipl.-Ing.
Lehrbeauftragter
Geschichte des konstruktiven
Ingenieurbaus
info@kgbauko.tu-darmstadt.de

1. Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion



1.5. Studentische Hilfskräfte

Vanessa Hölz, B.Sc.
Forschung Bauen im Bestand
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



Paul Glowacki, B.Sc.
Tutor Freihandzeichnen
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



Anna-Lena Fischer, B.Sc.
E-Learning Tutorin
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



Laura Kristina Möller, B.Sc.
Tutorin Konstruktives Gestalten und GPEK
info@kgbauko.tu-darmstadt.de

1. Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion



Lukas Behrens, B. Sc.
Forschung im Rahmen des SFB 666
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



Maximilian Rühl, B.Sc.
Homepage und Fotografie
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



Maria Krieger, B.Sc.
Forschung im Rahmen des SFB 666
info@kgbauko.tu-darmstadt.de



Aamie Perera, B.Sc.
Forschung im Rahmen des SFB 666
info@kgbauko.tu-darmstadt.de

1.6. Ehemalige KGBauko-Mitarbeiter (Auswahl)

Seit August 2014 ist **Dr.-Ing. Jens Herbert** im Bausachverständigenbüro Schifferdecker und Eschmann tätig. Das Bausachverständigenbüro Schifferdecker + Eschmann ist ein seit vielen Jahren tätiges Sachverständigenbüro für Baufragen mit Hauptsitz in Darmstadt. Im Jahr 2000 gründeten Prof. Dipl.-Ing. Günter Schifferdecker und Dipl.-Ing. Oliver Eschmann das Bausachverständigenbüro Schifferdecker + Eschmann. Die Kernkompetenzen und Schwerpunkte liegen bei Bautätigkeits-Themenfeldern, wie Schäden an Gebäuden, Beurteilung von Baukonstruktionen und Bauplanungen sowie Abrechnung von Bauleistungen. Das Team besteht aus insgesamt acht – größtenteils öffentlich bestellten und vereidigten – Bausachverständigen und arbeitet regional und überregional.

Die Tätigkeitsfelder umfassen das Erstellen von Gutachten für Gerichte (Amts-, Land- und Oberlandesgerichte) sowie Rechtsanwälte bzw. Rechtsanwaltskanzleien. Zu den Kunden zählen aber auch Privatpersonen, Kapitalanlagegesellschaften, Hausverwaltungen, Kommunen, Immobilienfonds sowie Bauträger,

Handwerksbetriebe und Investoren. Neben den Gutachtertätigkeiten verfolgt das Büro auch Lehrtätigkeiten zu den Themen „Schadenfreies Bauen“, „Bauschadensanalyse“ und „Energieeffizientes Bauen und Modernisieren“.

Dipl.-Ing. Architekt **Alexander Henze** war von Januar 2010 bis Dezember 2011 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet KGBauko. Zu seinem Aufgabenbereich zählten die Betreuung von Studierenden und die Lehrvorbereitung in den Fächern Baukonstruktion, Konstruktives Gestalten und GPEK.

Nach seinem Architekturstudium an der TU Braunschweig arbeitete er mehrere Jahre in einem der größten Architekturbüros in Irland vor Allem an der Errichtung von Forschungsgebäuden.

Im Anschluss an seine Lehr- und Forschungstätigkeit an der TU Darmstadt spezialisierte er sich auf das Thema Konversion. Derzeitig arbeitet er in der Region Göttingen als Projektleiter im Bereich Flächenentwicklung.

Herr Dr.-Ing. **Stefan Menzel** war von April 1999 bis einschließlich März 2004 als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei KGBauko beschäftigt. Zu seiner Verantwortung zählte die Betreuung der Lehrveranstaltungen Konstruktives Gestalten, Baukonstruktion und Grundlagen des Planens und Entwerfens. Im Rahmen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit widmete er sich Untersuchungen zur Verbesserung der auftriebsinduzierten Strömungen in Glas-Doppelfassaden. Experimentelle Arbeiten unterstützt durch Strömungssimulationen resultierten in einem Vorschlag zur Anwendung evolutionärer Optimierungsmethoden für die Gestaltung der Fassadenein- und -auslassbereiche. Die Forschungsarbeiten fanden ihren Abschluss in einer Promotion, die von Prof. Stefan Schäfer und Prof. Karl G. Roesner erfolgreich betreut wurde.

Seit 2004 ist Dr. Menzel am Honda Research Institute Europe in Offenbach/Main beschäftigt, einem von drei weltweit agierenden Grundlagenforschungsinstituten mit Standorten in Japan, USA und Europa. Sein derzeitiger Tätigkeitsschwerpunkt liegt in der evolutionären Optimierung von Bauteilen und Komponenten, insbesondere im Hinblick

auf eine effiziente Verknüpfung von Optimierungsmethode, Simulation und geometrischer Repräsentation.

Herr Dipl.-Ing., M. Eng. in Membrane Structures, Archineer® M.St. **Björn Briegert** war im Zeitraum von September 2002 bis März 2007 erst als wissenschaftliche Hilfskraft und im Anschluss daran als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Dabei betreute er verschiedene Lehrveranstaltungen bei KGBauko.

Seine aktuelle Beschäftigung: Von Mai 2007 bis Dezember 2013 - Projektingenieur und Leiter Technik bei HP Gasser AG – Membranbau, 6078 Lungern, Schweiz.

Seit September 2011 Repräsentant des Instituts für Membran- und Schalentechologien IMS e.V. in der Schweiz.

Seit Januar 2014 Inhaber von „studio briegert“. Beratung, Entwurf und ingenieurtechnische Planungsleistungen im Bereich Membranbau und textiler Architektur (Formfindung, Statik, Zuschnittsplanung,...) 6060 Sarnen, Schweiz.

Herr Dr.-Ing. Architekt, M. Sc. Bau-tenschutz **Felix Wellnitz** war von An-fang August 2009 bis Ende August 2010 wissenschaftliche Mitarbeiter bei KGBauko. Zu seinen Aufgabenge-bieten zählten Mitarbeit in der Lehre Konstruktives Gestalten und im Son-derforschungsbereich (SFB) 666.

Seine Beschäftigung umfasst folgen-de Tätigkeitsfelder:

Forschungsprojekt an der Bauhaus-Universität Weimar und der FH Potsdam zum Thema „Energetische Ertüchtigung der denkmalgeschütz-ten, ehemaligen Bayerischen Lan-desvertretung von Sep Ruf in Bonn, Baujahr 1955“. Kooperation mit der Deutschen Stiftung Denkmalschutz und gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. 2012-2014 Lehraufträge an der GUC Berlin und der FH Potsdam.

2014 Promotion zum Dr.-Ing. an der Bauhaus Universität Weimar. 2014 Berufung auf die Professur Raumkli-ma und Gebäudesanierung Fakultät Architektur, OTH Regensburg.

Freier Architekt in Berlin, zert. Pas-sivhausplaner, Energieberater (KfW, Bafa), Energieberater für Baudenk-male.

Frau Dipl.-Ing. **Anne Kawohl** war von Mai 2009 bis Ende August 2009 wissenschaftliche Mitarbeiterin bei KGBauko. Für das Projekt „Studi forscht“ erarbeitete sie die Möglich-keiten interdisziplinäre Forschungs-akquise aller Fachbereiche der TU zu bündeln und durch ein geeignetes Management den Studierenden vor allem in der frühen Studienphase zugänglich zu machen.

Nach einer 2-jährigen Anstellung als Projektleiterin in einem Brand-schutzsachverständigenbüro ist Frau Anne Kawohl seit September 2011 als wissenschaftliche Mitarbeiterin bei der AG PEK (Arbeitsgruppe Pla-nen, Entwerfen und Konstruieren) und dem Fachgebiet Stahlbau an der TU Darmstadt tätig. Zu ihren Tätig-keiten gehören unter anderem die Koordination, Organisation und Be-treuung der Projektseminare GPEK I & II und IPBI/IPUI, die Fachstudien-beratung für die Studiengänge des Bauingenieurwesens und der Um-weltingenieurwissenschaften sowie Forschung im Bereich Tragverhalten von Schrauben unter Hochtempera-turbelastung.

Frau Dr.-Ing. **Franziska Johanna Kuhn** war von November 2004 bis Ende April 2007 als wissenschaftli-che Mitarbeiterin bei KGBauko tätig. Zu ihren Aufgabengebieten zählten Betreuung der Lehrveranstaltungen GPEK, Konstruktives Gestalten und Geschichte des Ingenieurbaus, For-schung im Bereich Strömungen in Glas-Doppel-Fassaden und EDV-Be-treuung.

Zurzeit arbeitet Frau Franziska Jo-hanna Kuhn als Projektingenieurin bei HAZ GmbH und beschäftigt sich mit klassischer Tragwerksplanung mit Schwerpunkt Altbausanierung/ Denkmalschutz. Dabei umfasst ihr Aufgabenfeld Tätigkeit wie statische Berechnungen und Erstellung dazu-gehöriger Pläne, Prüfung statischer Berechnungen (Tragwerksplanung der Leistungsphasen 1 bis 5), Scha-densuntersuchung und -bewertung bestehender Gebäude, Sanierungs-konzepte sowie Bauen im Bestand.

Weitere Informationen und Kontaktdaten unter:

info@kgbauko.tu-darmstadt.de

2. Jahresrückblick - Exkursionen

2.1. Exkursion SS 2014, Frankfurt am Main

Die alljährliche Exkursion der Veranstaltungen **Baukonstruktion**, **Grundlagen des konstruktiven Hochbaus** und **Green Building Design II** fand dieses Jahr in Frankfurt statt.

Zu Beginn der Exkursion bekamen die Teilnehmer/-innen eine Führung durch den Altbau des historischen Museums Frankfurt, welcher sich nach umfangreichen Umbau- und Sanierungsmaßnahmen in neuem Gewand präsentierte.

Der Altbau besteht aus fünf Teilen, welche zwischen dem 12. und 19. Jahrhundert entstanden, darunter sind Teile der Stadtmauer aus dem Mittelalter, das Zollhaus und der gotische Rententurm, welcher nun öf-

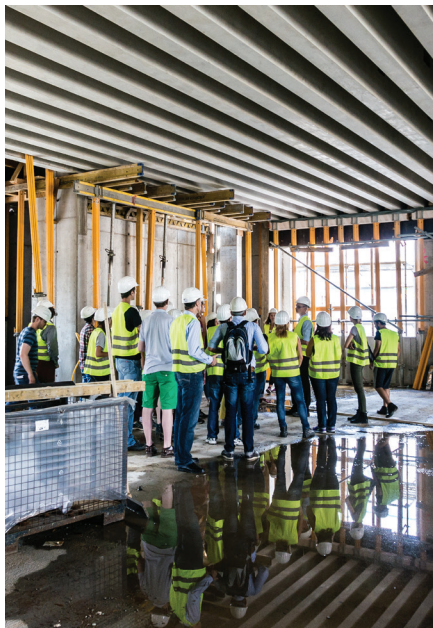


Abb. 2: Exkursion SS 2014

2. Jahresrückblick - Exkursionen



fentlich zugänglich gemacht wurde. Auch der Gang durch die Kellerbauten ist nun möglich. Im Anschluss führte Herr Dipl.-Ing. Architekt Jörg Winkler vom Hochbauamt der Stadt Frankfurt am Main durch den anliegenden Rohbau, welcher zukünftig das Museum um neue Räumlichkeiten ergänzt und so den stark kritisierten Betonbau der 70er Jahre ersetzt, welcher mit seinen fensterlosen Sichtbetonfassaden nicht in das Erscheinungsbild des Frankfurter Römers passte.

Der zweite Teil der Exkursion gab einen Einblick in den Neubau der

Zeil 123 (am Standort des ehemaligen Hako-Hauses an der Frankfurter Hauptwache).

Herr Dipl.-Ing. Architekt Holger Meyer, Geschäftsführender Gesellschafter der msmarchitekten, gab eine Führung durch verschiedene Teile des Gebäudes inklusive Technikraum und, als Höhepunkt, der Dachterasse mit Blick über die Zeil und Hauptwache.

In diesem Rahmen möchten wir uns nochmals für die informativen Einblicke und die zahlreichen Teilnehmer/-innen bedanken.

Abb. 3: Gruppenfoto der Exkursionsteilnehmer SS 2014, Frankfurt am Main

2.2. Exkursion WS 2014 / 2015, Lüdenscheid



Abb. 4: Simulation verschiedener Lichtsituationen im Mockup-Room der Firma ERCO



Abb. 5: Gruppenfoto der Exkursionsteilnehmer WS 2014 / 2015

Am 10. Februar 2015 fand eine Exkursion der Lehrveranstaltungen **Konstruktives Gestalten** und **Green Building Design I** zur Firma ERCO statt. Diese hat ihren Sitz in Lüdenscheid und ist Spezialist für Architekturbeleuchtung mit LED-Technologie.

Nach einem Vortrag zur Vorstellung des Unternehmens, der Tätigkeitsfelder und angebotenen Produkte konnten die verschiedenen Werkhallen besichtigt werden. Dabei erhielten die Exkursionsteilnehmer einen Einblick in die Produktionsabläufe und die Herstellung sowie Montage einzelner Leuchtenkomponenten. Den Abschluss der Exkursion bildete ein Lichtworkshop im Mockup-Room des Unternehmens, der für gewöhnlich zum Test von Prototypen und zur Präsentation von Serienprodukten genutzt wird. Hier konnte den Exkursionsteilnehmern die Wirkung und Bedeutung von Licht in der Architektur anhand von verschiedenen Beispielen verdeutlicht werden.

Abschließend möchten wir uns nochmals herzlich bei Herrn Marc Hartings für die spannende Führung und die damit verbundenen Einblicke in das Unternehmen ERCO bedanken.



Abb. 6: Fertigung der Firma ERCO



Abb. 7: Kantine der Firma ERCO



Abb. 8: Präsentation der Firma ERCO

2.3. Tagesexkursion SS 2014, Sankt Martin, Pfalz und

Tagesexkursion SS 2015, Deidesheim, Pfalz

Nach der erfolgreichen Tagesexkursion nach Sankt Martin im Juli 2014 führte uns die diesjährige Exkursion im Rahmen der Lehrveranstaltung **Freihandzeichnen** am 10. Juli 2015 wieder in die Pfalz.

Mit sonnigem Wetter und mildem Klima begrüßte uns die schöne Kleinstadt Deidesheim, die für ihre traditionelle Weinkultur bekannt ist und deren Ortsgeschichte zurück bis in das Mittelalter reicht.

Das Ziel der eintägigen Zeichenexkursion war es, die Teilnehmer zunächst durch die malerische Landschaft, die historischen Bauwerke und die märchenhaften Gassen im Deidesheimer Ortskern zu inspirieren und dabei die zahlreichen Eindrücke in den Skizzen und Zeichnungen festhalten zu lassen.

Die Studierenden erlebten an diesem Tag auch die Magie der „Belebung der Bleistiftzeichnungen“ durch die Farben von Aquarellen. Dazu erläuterte Professor Schäfer zunächst die



Abb. 9: Schloss Deidesheim,
Bleistiftzeichnung

unterschiedlichen Techniken wie zum Beispiel Lavieren und führte diese auch vor. Anschließend konnten die Exkursionsteilnehmer wertvolle Tipps und Tricks, wie mit wenigen Mitteln wirkungsvolle Akzente schnell und effektiv in einer Zeichnung zu setzen sind, selbst in die Tat umsetzen.



Abb. 10: Deidesheim, Exkursionsteilnehmer SS 2015

Die Exkursionsteilnehmer haben während der Verweildauer in Deidesheim das angenehme Urlaubsklima der schönen Umgebung und die entspannte Atmosphäre des Ortes genießen können. Für diesen gelungenen Tagesausflug bedankt sich das Institut KGBauko bei seinen Mitarbeitern Irene Root, Heike Czern sowie Paul Glowacki und Christine Schäfer herzlich, die durch hervorragende Organisation und Betreuung der Studierenden vor Ort zum Erfolg der gesamten Veranstaltung beigetragen haben.

Ein weiterer Dank gilt dem Fachbereich 13, der diese Exkursion finanziell unterstützt hat. Schließlich bedankt sich KGBauko bei den fleißigen Exkursionsteilnehmern und freut sich auf ihre zahlreichen und interessanten Zeichnungen!

Über die Ergebnisse der Tagesexkursion von SS 2014 wurde bereits in unserer Broschüre „KGBauko *Exkursion FHZ*“ ausführlich berichtet.

2. Jahresrückblick

2.4. Exkursion SS 2015, Frankfurt am Main

Am 14. Juli 2015 fand unsere diesjährige Exkursion der Veranstaltungen **Baukonstruktion, Grundlagen des konstruktiven Hochbaus** und **Green Building Design II** statt. Ziel war das MAINTOR-Quartier in Frankfurt am Main. Dieses Neubau-Projekt im Zentrum von Frankfurt beinhaltet unterschiedliche Gebäude in verschiedenen Bauphasen.

Herr Seipp, der zuständige Projektentwickler der German Estate Group AG, erläuterte zunächst die Historie des Projekts. Das MAINTOR-Quartier entsteht auf einem Grundstück direkt am Main, welches ehemals von der Degussa-Bank genutzt wurde und nun neu bebaut wird. Es ist eine Mischnutzung von Wohnen und Büros vorgesehen. Das ehemals unzugängliche Gelände soll sich der Stadt öffnen und allen Bürgern zugänglicher werden. Die Baugründung im urbanen Kontext mit angrenzenden U-Bahntunneln, Kanalisation und Fernwärmeleitungen stellt eine große Herausforderung dar.

Anschließend führte uns Herr Seipp durch das sich im Ausbau befindliche Hochhaus MAINTOR-PANORAMA des Architekten Christoph Mäckler. In unterschiedlichen Etagen konnten wir die Schritte vom Rohbau bis zum

finalen Ausbau nachvollziehen. Aus der obersten Etage dieses Gebäudes erhielten wir zudem eine gute Übersicht über die Gründungsarbeiten für das angrenzend geplante Hochhaus WINX, das von KSP J. Engel Architekten entworfen wurde.

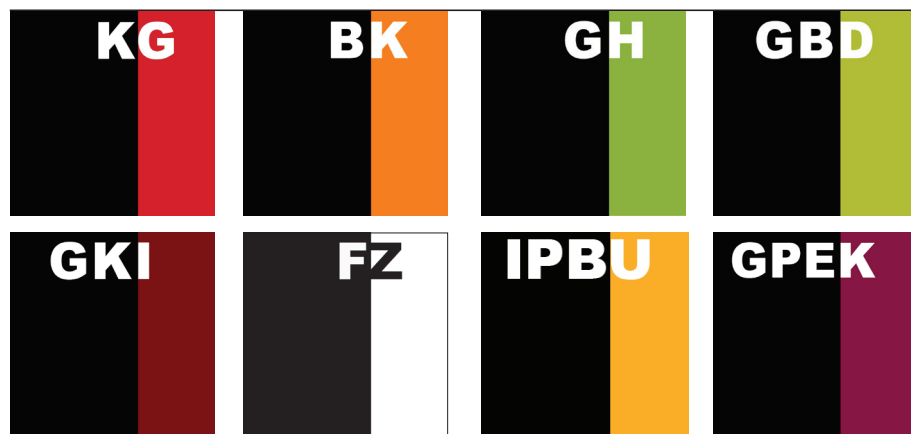
Wir möchten uns bei Herrn Seipp für die informativen Einblicke in die verschiedenen Stadien dieses Großprojektes bedanken und bei den zahlreichen Teilnehmern für ihr Interesse an der Exkursion.



2. Jahresrückblick - Exkursionen



Abb. 12: Maintor-Quartier in Frankfurt am Main, Exkursion SS 2015



3. Lehre 3.1. Digitale Selbsttests zum Abbau von Prüfungsängsten

Stefan Schäfer, Anna-Lena Fischer

Die vom Institut Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion angebotene Veranstaltung „Grundlagen des Konstruktiven Hochbaus“ findet als Gemeinschaftsveranstaltung in Kooperation mit dem Institut Werkstoffe im Bauwesen statt und umfasst den baukonstruktiven Vorlesungsteil. Dieser beinhaltet die Vorstellung der konstruktiven Zusammenhänge und Detaillösungen, die bei Hochbauprojekten üblicherweise anzutreffen sind. Dabei werden alle relevanten Konstruktionsgrundlagen zu den einzelnen Bauteilen eines Gebäudes (von der Gründung bis zum Dach) anhand von praxisnahen Beispielen behandelt.

Bei dem gesamten Bachelormodul handelt sich um eine Präsenzlehrveranstaltung, die jährlich im Sommersemester angeboten wird. Die Teilnehmerzahl beläuft sich auf ca. 140 – 190 Studierende. Den Abschluss des Moduls bildet eine Prüfung am Semesterende. Die wöchentlich stattfindende Vorlesung wird durch PowerPoint-Folien und einem mit einem Beamer verbundenen Tablet PC unterstützt. Auf letzterem werden Konstruktionen anhand von Skizzen in Zusammenarbeit mit den Studierenden erarbeitet. Die Verwaltung, Kommunikation sowie die Bereitstellung der Arbeitsmaterialien (Vorlesungsaufzeichnungen, Vorlesungsfolien, Skizzen, Selbsttests) erfolgen mit Hilfe des Learning-Management-Systems Moodle der TUDA.

3. Lehre - 3.1. Digitale Selbsttests zum Abbau von Prüfungsängsten

Motivation und didaktisches Konzept

Prüfungsangst ist eine häufige Begleiterscheinung des Studiums. Sie beschreibt eine unverhältnismäßige Angst einer Person während der Prüfungsvorbereitung und/oder in der akuten Prüfungssituation. Prüfungsängste wirken sich häufig negativ auf die Leistungsfähigkeit der Betroffenen aus. Oftmals resultieren sie auch aus der Unfähigkeit des Einzelnen, den eigenen Wissensstand realistisch einzuschätzen. Um den Studierenden eine praktische Hilfestellung zu geben, wurden im Sommersemester 2015 erstmals mit Hilfe von Moodle Selbsttests zur spielerischen Selbstüberprüfung integriert.

Diese Selbsttests wurden zum Beispiel in Form von Kreuzworträtseln umgesetzt. Hierfür wird parallel zur Vorlesung ein Fragenkatalog erarbeitet, aus welchem nach Abschluss eines Themenblocks ein Rätsel konfiguriert wird. Die Anzahl der Fragen innerhalb eines Kreuzworträtsels sind auf 10 Stück beschränkt, um den zeitlichen Aufwand zur Lösung zu begrenzen. Allerdings ist innerhalb des Fragenkatalogs eine größere Anzahl von Fragen zu den einzelnen Themen hinterlegt. Da sich das Kreuzworträtsel nach je-

dem Versuch durch einen Studierenden neu generiert, verändern sich die Fragen zwischen den einzelnen Versuchen. So kann nur durch mehrfaches Bearbeiten des Kreuzworträtsels der komplette Fragenpool ausgeschöpft werden (Abb. 13).

Eine weitere Art der Selbsttests sind Drag&Drop-Rätsel. Hierbei werden in der Vorlesung behandelte Konstruktionsaufbauten grafisch detailliert abgebildet. Den einzelnen Schichten müssen dann aus einer Auswahl an Begriffen die Richtigen zugeordnet werden. Auch hier wird darauf geachtet, dass sich die Rätsel zwischen den einzelnen Versuchen unterscheiden (Abb. 14).

Die Teilnahme an den Selbsttests erfolgt anonym. Für alle Rätseltypen gilt, dass nach Abschluss eines Selbsttests nur Angaben des Bearbeiters bewertet, nicht aber die richtigen Lösungen vorgegeben werden. Dies soll dazu führen, dass sich die Studierenden ausgiebig mit dem Stoff auseinandersetzen und sich nicht die fertigen Antworten notieren. Anzumerken ist auch, dass die Rätselselfragen nicht identisch mit typischen Prüfungsfragen sind, sondern

3. Lehre - 3.1. Digitale Selbsttests zum Abbau von Prüfungsängsten

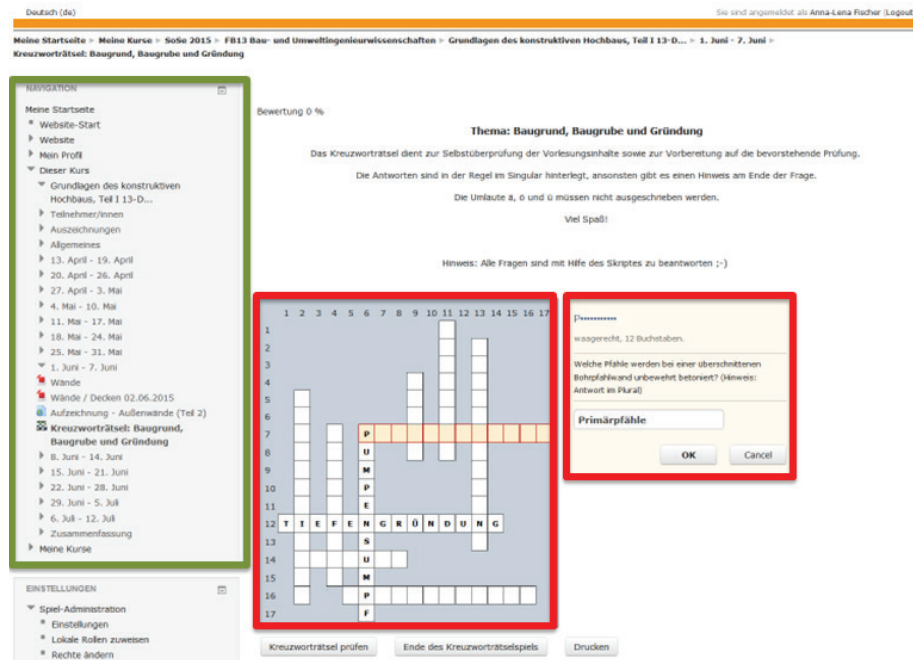


Abb. 13: Struktur des Moodle-Kurses (grün), Kreuzworträtsel (rot)

nur eine thematisch spielerische Auseinandersetzung mit den Vorlesungsinhalten darstellen. Um die Studierenden an die Selbsttests heranzuführen, wird nach etwa der Hälfte der verfügbaren Zeiteine Vorlesung unterbrochen. Mit einer ersten Testrunde werden dann die verschiedenen Rätsel vorgestellt.

Hierbei können die Studierenden aktiv teilnehmen. Durch diese Unterbrechung im Lehrablauf wird außerdem beabsichtigt, den Studierenden die Möglichkeit zum kurzen Austausch zu geben und hierdurch das Aufmerksamkeitslevel für den folgenden Vorlesungsabschnitt anzuheben (Abb. 15).

3. Lehre - 3.1. Digitale Selbsttests zum Abbau von Prüfungsängsten

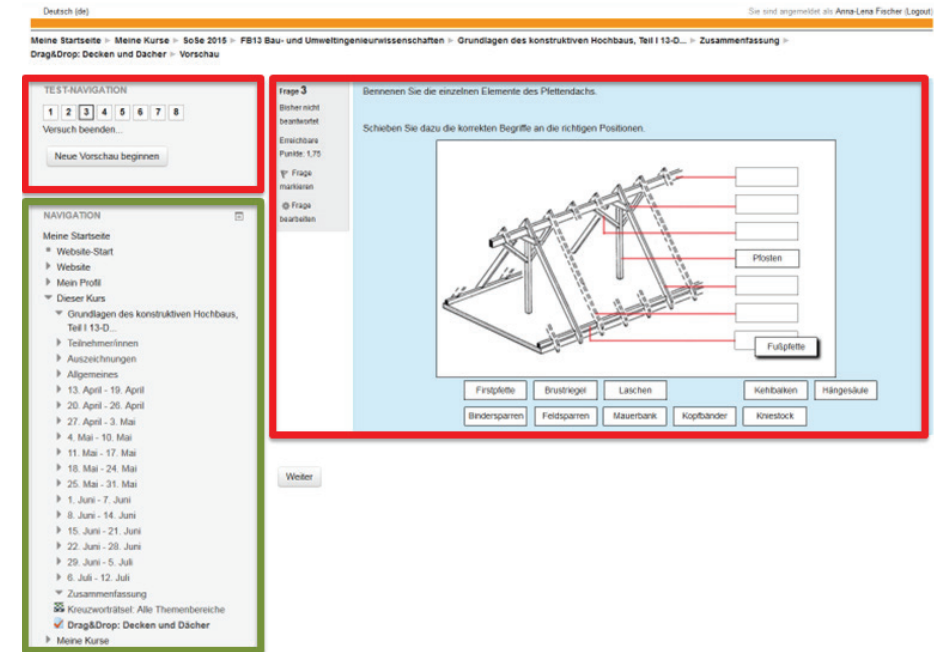
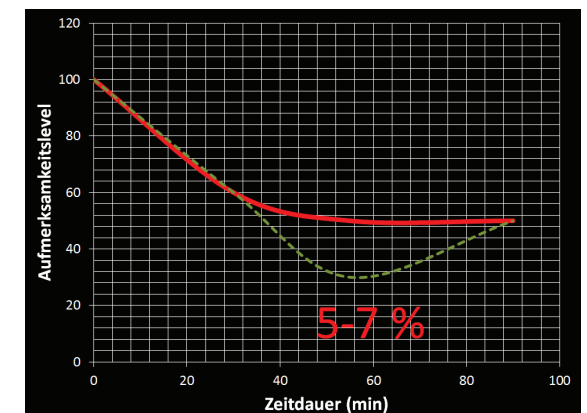


Abb. 14: Struktur des Moodle-Kurses (grün), Drag&Drop-Rätsel (rot)

Abb. 15: Veränderung des Aufmerksamkeitslevel durch Einbindung von E-Teaching Elementen



Jedes Rätsel ist daraufhin für die der Vorlesung folgende Woche zur Bearbeitung freigeschaltet. Im Anschluss an die Vorlesungszeit erhalten die Studierenden darüber hinaus die Möglichkeit, die bereits bearbeiteten Fragen aus den vergangenen Selbsttest in einem zusammenfassenden Rätsel zu wiederholen.

Der bereits erwähnte Umstand, dass es sich dabei nicht um potentielle Prüfungsfragen handelt, bietet abermals die Gelegenheit zur Wiederholung und Nachbereitung der Vorlesungsinhalte.

Mehrwert durch den Einsatz von E-Learning

Der Einsatz von E-Learning erleichtert den Studierenden den Einstieg zur frühzeitigen, selbstgesteuerten Wiederholung der Lehrinhalte. Mit Hilfe der zeitlich gesteuerten Verfügbarkeit des Angebots soll ein Lernverhalten hervorgerufen werden, welches sich langfristig durch Gedächtnistraining vor allem hinsichtlich der Prüfungsvorbereitung auszahlt. Die Studierenden fühlen sich besser vorbereitet und Zweifel an der eigenen Prüfungsfähigkeit werden abgebaut, da das Kenntnislevel spürbar ansteigt. Diese Erweiterung der Selbstlernkompetenzen

lassen sich im Anschluss dann auch auf andere Veranstaltungen anwenden und der Prüfungserfolg lässt sich steigern. (Abb. 16)

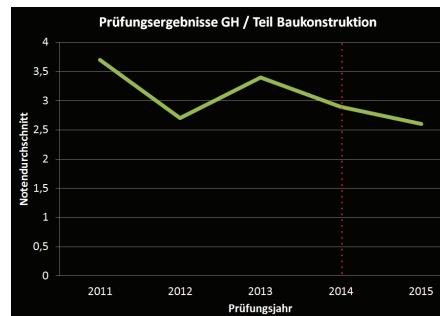


Abb. 16: Änderung der Prüfungsergebnisse seit E-Learning Einsatz

Die Selbsttests sind dahingehend ausgelegt, den Studierenden einen Mehrwert für ihr eigenes Wissensmanagement zu bieten. Für die Lehrenden ist aber auch der Austausch mit den Studierenden, der infolge des E-Learning-Angebots entsteht, von Bedeutung. Durch hervorgerufene Fragen oder inhaltliche Probleme bei der Bearbeitung der Selbsttests lassen sich gezielt Themen wiederholen oder vertiefen.

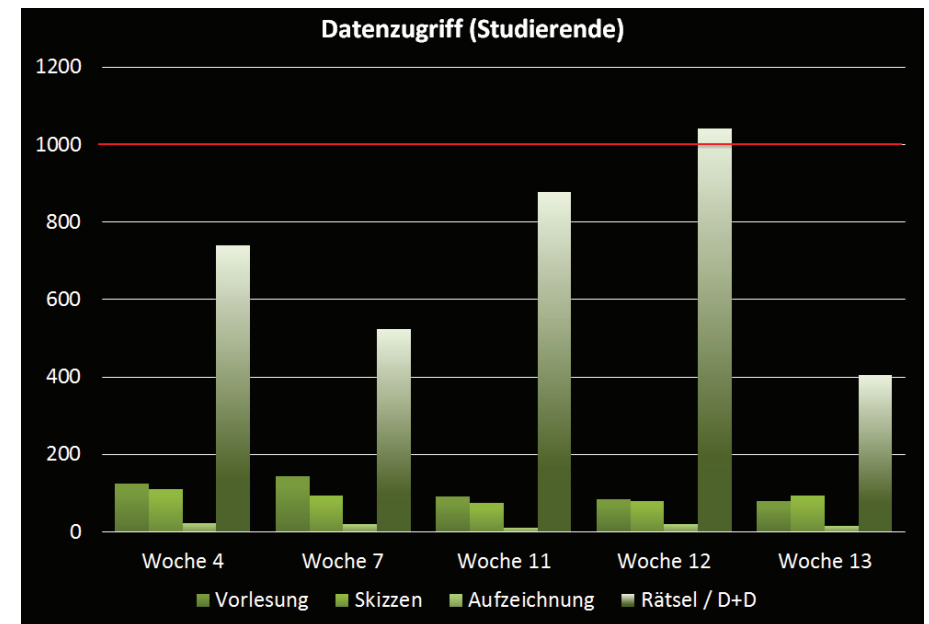


Abb. 17: Kursaktivität und Datenzugriffe der Studierenden

Kursaktivitäten und Feedback der Studierenden

Moodle bietet eine Option zur Beobachtung der Kursaktivität. Hierbei lassen sich die Anzahl der Zugriffe auf die Materialien scannen. Mit Abstand am meisten Zugriffe gab es auf die einzelnen Selbsttests. Hierbei ließen sich in einer Woche sogar mehr als Eintausend Zugriffe durch die Studenten verzeichnen. (Abb. 17)

Neben der erhöhten Kursaktivität bestätigt aber auch das durchweg positive Feedback innerhalb einer Kurs-Evaluation und persönliche Rücksprachen mit den Studierenden die erfolgreiche Umsetzung des Konzepts. Das E-Learning-Angebot des Instituts Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion wird daher auch in Zukunft erweitert und in die Lehrveranstaltungen sinnvoll integriert werden.

3. Lehre



TUD

Konstruktives Gestalten
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT
STEFAN SCHÄFER



Konstruktives Gestalten

WS 2014 / 2015

VORLESUNG
ÜBUNG

DI 13.30 – 15.10 UHR L5 06/26
DI 15.20 – 17.00 UHR L5 06/26

Die Lehrveranstaltung gliedert sich in eine Vorlesungsreihe und daran anschließende, betreute Übungen. Der Schwerpunkt liegt auf der konstruktiven und gestalterischen Durcharbeitung zusammenhängender Projekte (z.B. filigrane leichte Tragwerke oder sensible Strukturen). Drei Übungen werden jeweils ca. 4 - 6 Wochen betreut bearbeitet und mit einer Präsentation abgeschlossen. Zum Leistungsumfang zählen (je nach Übungsprinzip) konstruktive und statische Nachweise, Plandarstellungen und Modelle. In diesem Wintersemester werden externe Vorträge aus dem Bereich Membran- und Textilbau in die Lehrveranstaltung integriert.

EMPFEHLUNG

Die Lehrveranstaltung richtet sich an Studierende ab dem 1. Semester des Master-Studiengangs Bauingenieurwesen. Für die Teilnahme werden Vorkenntnisse in dem Fach Baukonstruktion empfohlen.

AUFGABEN

- **Konzeptentwicklung** mit Skizzen und Arbeitsmodellen
- **Konstruktive Durcharbeitung** von Tragwerksstrukturen
- **Entwurfsdarstellung** anhand von Grundrissen, Ansichten, Schnitten, Isometrien und Arbeitsmodellen
- **Präsentationen** anhand zeichnerischer, schriftlicher und mündlicher Darstellungen

ABLAUF

Di., 14.10.2014	Folgende Themen werden in den Vorlesungen und Seminaren behandelt:
Di., 21.10.2014	
Di., 28.10.2014	
Di., 04.11.2014	Vorstellung der Lehrveranstaltung, Modelle und Pläne
Di., 11.11.2014	Entwerfen
Di., 18.11.2014	Leichtbau (1) und (2)
Di., 25.11.2014	Bauen mit Textilien (1) und (2)
Di., 02.12.2014	Bauen mit Luft
Di., 09.12.2014	Bauen mit Glas (1) und (2)
Di., 16.12.2014	Bauen mit Stahl
Di., 13.01.2015	Bauen mit Seilen
Di., 20.01.2015	Bauen mit Holz
Di., 27.01.2015	
Di., 03.02.2015	Am Ende des Semesters findet eine Tagesexkursion zu einem Fertigungsbetrieb statt.
Di., 10.02.2015	

Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. Arch. Alexander Pick

Franziska-Braun-Straße 3
D-64287 Darmstadt
tel: 06151 / 16-7032
fax: 06151 / 16-7034

3. Lehre

3.2. Konstruktives Gestalten KG

Die Lehrveranstaltung Konstruktives Gestalten gliedert sich in eine Vorlesungsreihe und daran anschließende, betreute Übungen.

In der ersten Übung des Wintersemesters 2014/2015 wurde das Thema „Textiles Bauen“ in einem Entwurf für ein Dach für den Campus Lichtwiese behandelt. Im Rahmen der Vorlesungsreihe wurde zwei Gastvorträge gehalten, für die wir Herrn Prof. Dr.-Ing. Robert Off vom Institut für Membran- und Schalentechologien von der Hochschule Anhalt und Herrn Björn Briegert vom Studio Briegert gewinnen konnten. In der zweiten Aufgabe wurden die Teilnehmer mit der Fragestellung konfrontiert, ob man durch Faltungen von Pappen und ohne weitere Hilfsmittel einen funktionalen Raum herstellen kann, dessen Struktur nicht nur trageffizient ist, sondern auch eine hohe gestalterische Qualität aufweist.

Die Aufgabenstellung im Rahmen einer Lehrveranstaltung zeichnete ein fiktives Szenario: Es ging darum, einen »Time Tunnel« zu entwerfen,

einen Raum, in den sich Studierende an Partneruniversitäten in verschiedenen Ländern zurückziehen können, um miteinander zeit- und ortsunabhängig zum Beispiel über einen internetbasierten Videochat zu kommunizieren und zu interagieren. Dieser Raum sollte aus einem Wellpappen-Faltwerk bestehen, das möglichst ohne Hilfsmittel wie Klebstoffe zusammengefügt werden konnte. Die Module mussten eine tragbare Größe haben, und eine Projektionsfläche oder ein Bildschirm, 360-Grad-Webcam und eine Sitzgelegenheit mussten im Entwurf integriert werden. Die zwei besten Entwürfe wurden für die Realisierung bis zum Maßstab 1:1 weiterentwickelt, gebaut und als Abschluss der Veranstaltung im Hörsaal- und Medienzentrum aufgebaut und ausgestellt.

Das Projekt fand ein sehr positives Medienecho und wird, unterstützt durch entsprechende Sponsoren im nächsten Wintersemester möglichst mit ähnlichen Randbedingungen und Anforderungen wiederholt.

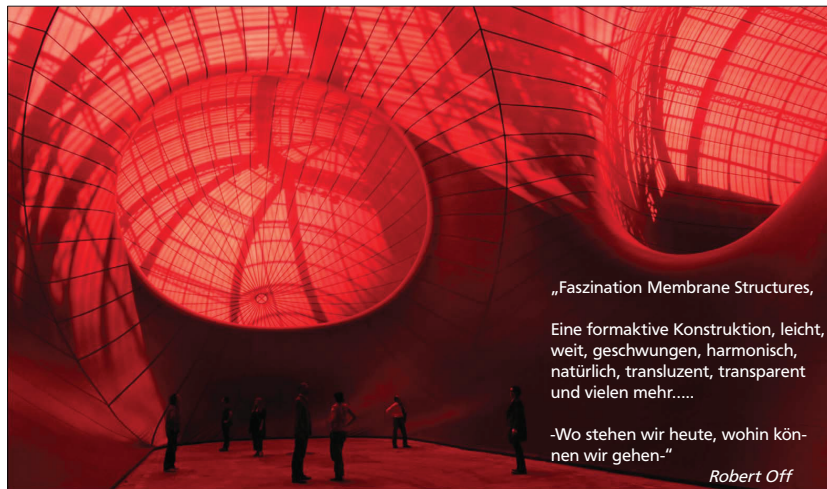
Siehe hierzu auch www.kgbauko.de

Abb. 18: Poster zur Lehrveranstaltung Konstruktives Gestalten WS 2014/15



Konstruktives Gestalten

Gastvorträge zum Thema „Textiles Bauen“ im Rahmen der Vorlesung
Konstruktives Gestalten



Unsere Gastreferenten

Professor Dr.-Ing **Robert Off**
Institutsdirektor IMS,
Archineer® / Architekt

Dipl.-Ing. **Björn Briegert**,
M. Eng. in Membrane Structures,
Archineer® M. St.

Wann?

Am 4. November und
am 11. November 2014
jeweils um 13:30 - 15:00 Uhr

Wo?

Gebäude L5/06
Seminarräume 26 und 32

Einladung

Studierende und Bauinteressierte
sind herzlich willkommen!

Die Sitzplatzkapazität ist auf 45 begrenzt.

Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion, Prof. Architekt Stefan Schäfer

Abb. 19: Poster Gastvortrag - Konstruktives Gestalten WS 2014/15

3.2.1. Studentische Arbeiten „Faltwerk“ WS 2014/15

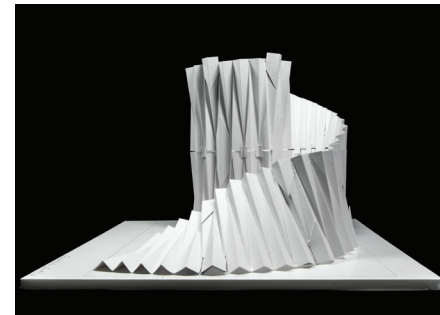


Abb. 20: Entwurfsmodell „Faltwerk“

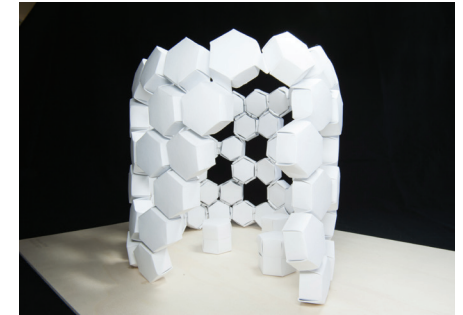


Abb. 21: Entwurfsmodell „Faltwerk“

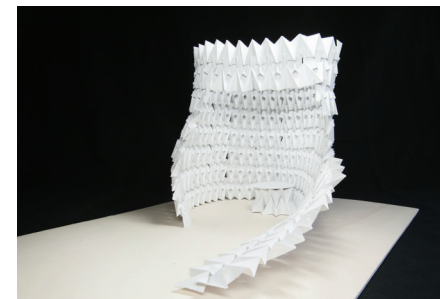


Abb. 22: Entwurfsmodell „Faltwerk“

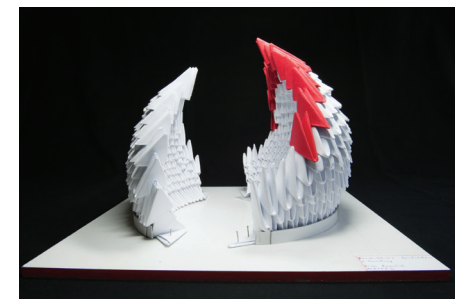


Abb. 23: Entwurfsmodell „Faltwerk“

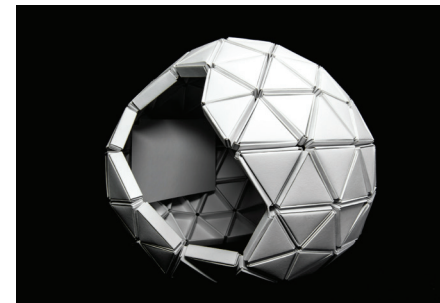


Abb. 24: Entwurfsmodell „Faltwerk“

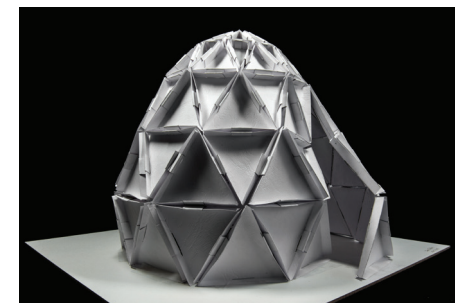


Abb. 25: Entwurfsmodell „Faltwerk“

3.2.2. Studentische Arbeiten „Textile Faltwerke“, WS 2014/15



Abb. 26: Entwurfsmodell „Textile Faltwerke“



Abb. 27: Entwurfsmodell „Textile Faltwerke“



Abb. 28: Entwurfsmodell „Textile Faltwerke“

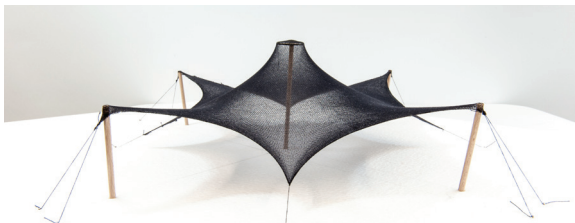


Abb. 29: Entwurfsmodell „Textile Faltwerke“

3.2.3. Studentische Arbeiten „Time Tunnel“, WS 2014/15



Abb. 30: „Time Tunnel“ WS 2014/15, Modellausstellung im Hörsaal- und Medienzentrum auf der Lichtwiese Darmstadt



Baukonstruktion

SS 2014

Baukonstruktion-Projekt DI 16.00 – 18.00 UHR L402/228
 Baukonstruktion-Übung FR 09.50 – 12.50 UHR L101/293S

Das Modul Baukonstruktion gliedert sich in zwei Veranstaltungsteile: Die Baukonstruktion-Übung und das Baukonstruktion-Projekt.

Der Fokus bei der Baukonstruktion-Übung liegt auf der baukonstruktiven Durcharbeitung relevanter Bauteile eines vorgegebenen Objektes während bei dem Baukonstruktions-Projekt ein konstruktiver Entwurf den Schwerpunkt bildet. Beide Veranstaltungsteile vermitteln und vertiefen konstruktive Zusammenhänge und detaillieren einzelne Themen wie bspw. Gründung, Abdichtung, Gebäudehülle, Dach u.a..

Die Baukonstruktion-Übung besteht aus betreuten, blockweise angebotenen Saalübungen, in denen konstruktive Details zeichnerisch ausgearbeitet werden. Die Aufgaben sind so gestaltet, dass sie während der Übungen fertigzustellen sind. Zusätzlich werden zwei größere Hausübungen angeboten, für die ein längerer Bearbeitungszeitraum besteht.

Die erforderliche Studienleistung wird durch den erfolgreichen Abschluss der Saal- und Hausübungen erbracht. Den Modulabschluss bildet eine schriftliche / zeichnerische Prüfung am Ende des Semesters.

Teilnehmern von „Baukonstruktion“ wird empfohlen, zuvor oder mindestens zeitparallel das Modul „Grundlagen des konstruktiven Hochbaus“ zu absolvieren.

Baukonstruktion-Projekt		Baukonstruktion-Übung	
Di. 29.04.2014	Ausgabe	Fr. 09.05.2014	Übung (1+2)
Di. 13.05.2014	Korrektur 1	Fr. 23.05.2014	Übung (3+4)
Di. 27.05.2014	Korrektur 2	Fr. 13.06.2014	Übung (5+6)
Di. 03.06.2014	Zwischenpräsentation	Fr. 27.06.2014	Übung (7+8)
Di. 17.06.2014	Korrektur 3	Fr. 11.07.2014	Übung (9+10)
Di. 01.07.2014	Korrektur 4		
Di. 15.07.2014	Abgabe		

TUD

Konstruktives Gestalten
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT
STEFAN SCHÄFER



Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. Arch. Alexander Pick
M. Eng. Robert Burgaß

Franziska-Braun-Straße 3
D-64287 Darmstadt
tel: 06151 / 16-7032

3.3. Baukonstruktion BK

Das Modul „Baukonstruktion“ besteht aus den Teilveranstaltungen Baukonstruktion-Übung und Baukonstruktion-Projekt.

Frei nach dem Motto des Dichters Wilhelm Müller „Das Wandern ist des Müllers Lust“, lautete das Thema des Bauko-Projekts im Sommersemester 2014 „Der Weg ist das Ziel“.

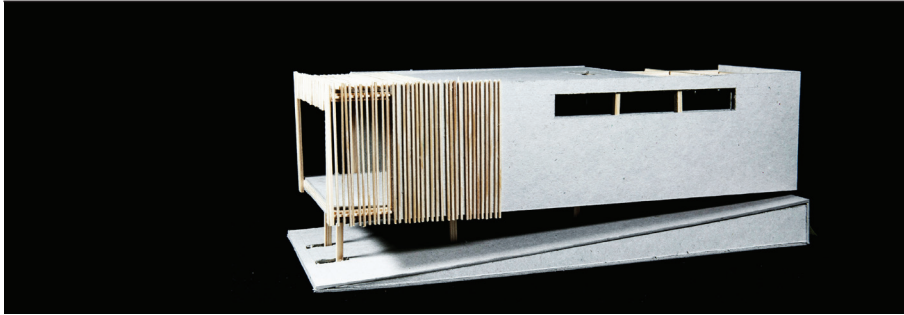
In einem Bereich des europäischen Fernwanderweg E1 zwischen Frankfurt und Heidelberg, der Teil des Wegenetzes ist, welches am Nordkap in Norwegen beginnt und in Umbrien in Italien endet, sollten 4 „Wanderhütten“ in unmittelbarer Nähe des Fernwanderweges an exponierten Lagen geplant werden. Die Idee war, an jedem der Abschnitte die Besonderheiten der Topographie mit dem Gebäude in Einklang zu bringen. Den Teilnehmer stand es dabei frei, die Grundrisse in horizontaler oder in vertikaler Richtung anzuordnen. Die Größe der Gebäude wurde auf max. 60m² und auf eine maximale Höhe von 9 m festgelegt.

Für die Studierenden galt es dann, kompakte Grundrisse in Kombination mit einer geeigneten und wohl proportionierten Gebäudehülle zu kombinieren, damit ein hohes Maß an Komfort und thermischer Behaglichkeit bei gleichzeitigem Fokus auf eine ausreichende Belichtung erzielt werden konnte.

Im Sommersemester 2015 war das Thema „Studios am See“ für externe Professoren und Lehrkräfte zu entwerfen. Am Darmstädter Woog, in direkter Nähe zur Jugendherberge, sollten 6 Studios entstehen, bei denen auf minimalen Raum die Nutzungen Wohnen, Schlafen, Kochen, Essen und ein Bad funktionsoptimiert anzuordnen waren. Zusätzlich zu den Themen der Baukonstruktion, die wie im Vorjahr das Kernthema des Bauko-Projekts sind, mussten sich die Studierenden städtebaulich mit der Anordnung des Gebäudes aber auch mit einer sinnvollen Gründung in unmittelbarer Ufernähe des Sees auseinandersetzen.

Abb. 31: Poster zur Lehrveranstaltung Baukonstruktion SS 2014

3.3.1. Studentische Arbeit „Der Weg ist das Ziel“, SS 2014



Entwurf von Stefan Manfred Glück

Abb. 32: Entwurfsmodell

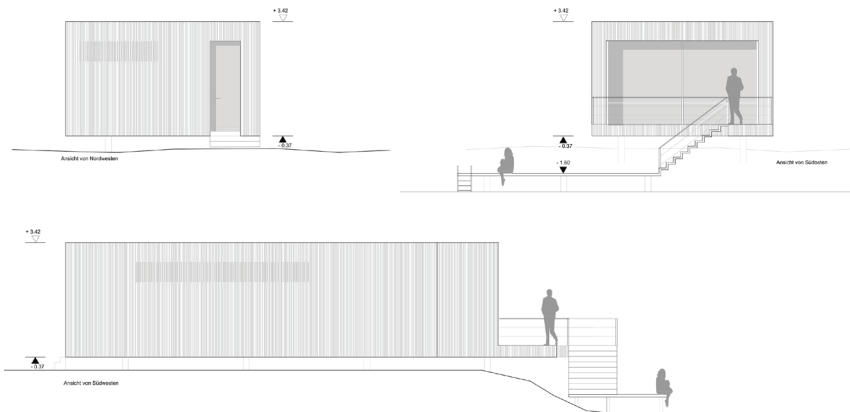


Abb. 33: Ansichten

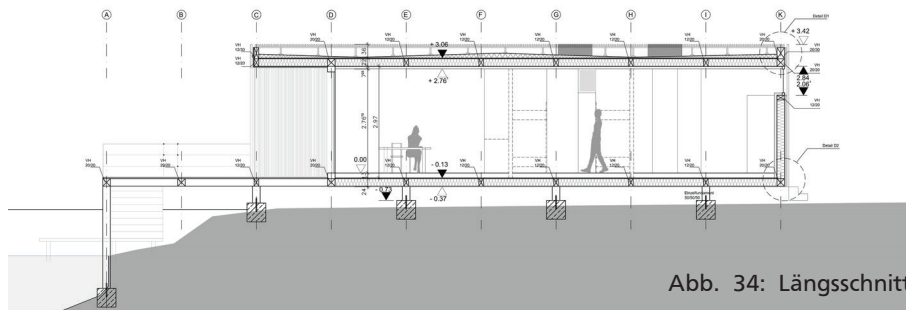


Abb. 34: Längsschnitt

3.3.2. Studentische Arbeit „Studio am See“, SS 2015

Entwurf von
Samara Ratta Molina

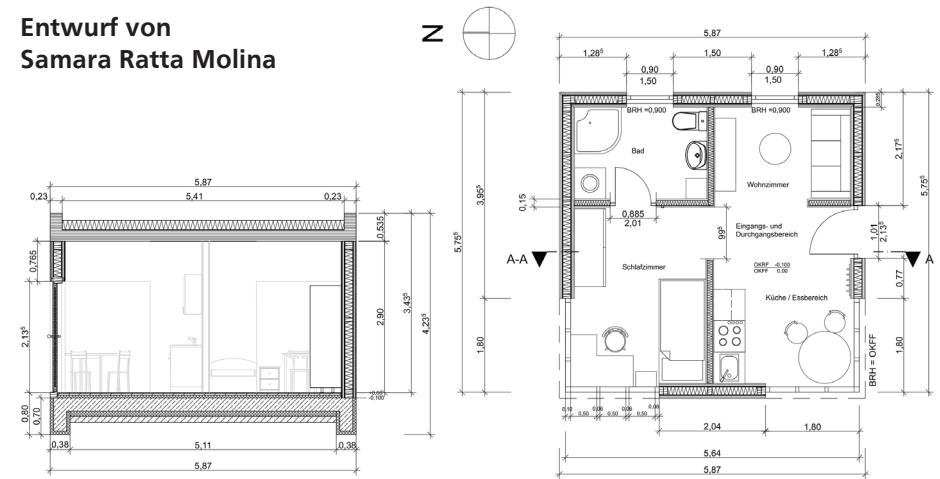


Abb. 35: Schnitt A-A

Abb. 36: Grundriss

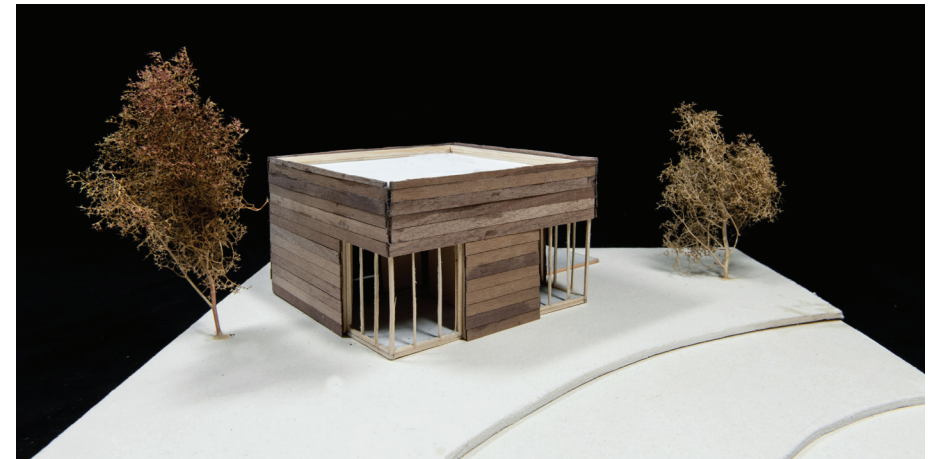


Abb. 37: Entwurfsmodell

3. Lehre



Grundlagen des konstruktiven Hochbaus SS 2014

VORLESUNG

DI 13.30 – 15.00 UHR L506/11

In dieser Veranstaltung werden die konstruktiven Zusammenhänge und Detaillösungen, die bei Hochbauprojekten üblicherweise anzutreffen sind, vermittelt. Der Inhalt der Vorlesungen behandelt Konstruktionsgrundlagen und Zusammenhänge von Bauteilen anhand von praxisbezogenen Beispielen (von der Gründung bis zum Dach). Den Schlusspunkt der Lehrveranstaltung bildet eine Exkursion.

Das Ziel der Vorlesung ist es, ein baukonstruktives Verständnis im Bereich Bauteilgestaltung, Konzeption und Darstellung zu erlangen. Die Lehrveranstaltung dient der Grundlagenvermittlung und setzt keine fachbezogenen Vorkenntnisse voraus. Ein vorlesungsbegleitendes Skript ist erhältlich.

Das Modul Grundlagen des konstruktiven Hochbaus ist eine reine Vorlesungsveranstaltung. Sie besteht aus den Veranstaltungsteilen Baukonstruktion Vorlesung und Bauphysik Vorlesung. Als Leistungsnachweis dient eine schriftliche Prüfung, die zu 50% aus einem baukonstruktiven Teil und zu 50% aus einem bauphysikalischen Teil besteht.

In der Lehrveranstaltung werden die theoretischen Grundlagen vermittelt, auf die die Module Baukonstruktion und Bauphysik aufbauen.

Das Modul „Grundlagen des konstruktiven Hochbaus“ besteht aus 2 Teilveranstaltungen, die gemeinsam von den Fachgebieten KGBauko und dem Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen angeboten werden.

ABLAUF

Di. 15.04.2014	1. Einführung
Di. 22.04.2014	2. Vorlesung
Di. 29.04.2014	3. Vorlesung
Di. 06.05.2014	4. Vorlesung
Di. 13.05.2014	5. Vorlesung
Di. 20.05.2014	6. Vorlesung
Di. 27.05.2014	7. Vorlesung
Di. 03.06.2014	8. Vorlesung
Di. 10.06.2014	9. Vorlesung
Di. 17.06.2014	10. Vorlesung
Di. 24.06.2014	11. Vorlesung
Di. 01.07.2014	12. Vorlesung
Di. 08.07.2014	13. Vorlesung
Di. 15.07.2014	Exkursion

Folgende Themen werden in den Vorlesungen behandelt:

- Zeichnen+Darstellen
- Maßordnung+Module
- Tragwerke
- Baugrund / Baugrube
- Gründung
- Abdichtung
- Wand
- Decken
- Dach (flach)
- Dach (geneigt)
- Treppe
- Gebäudehülle
- Gebäudetechnik

TUD

Konstruktives Gestalten
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT
STEFAN SCHÄFER



Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. Arch. Alexander Pick

Franziska-Braun-Straße 3
D-64287 Darmstadt
tel: 06151 / 16-7032

3. Lehre

3.4. Grundlagen des konstruktiven Hochbaus GH

Das Modul „Grundlagen des konstruktiven Hochbaus“ besteht aus 2 Teilveranstaltungen, die gemeinsam von KGBauko und dem Institut Werkstoffe im Bauwesen angeboten werden.

Die als reine Vorlesungsreihe konzipierte Teilveranstaltung „Grundlagen des konstruktiven Hochbaus, Teil 1“ umfasst die Vorstellung der konstruktiven Zusammenhänge und Detaillösungen, die bei Hochbauprojekten üblicherweise anzutreffen sind. Dabei werden alle relevanten Konstruktionsgrundlagen zu den einzelnen Bauteilen eines Gebäudes (von der Gründung bis zum Dach) anhand von praxisnahen Beispielen behandelt. Ziel der Vorlesung ist es, ein baukonstruktives Verständnis im Bereich Bauteilgestaltung, -konzeption und -darstellung zu vermitteln.

Die ebenfalls als reine Vorlesungsreihe konzipierte Teilveranstaltung „Grundlagen des konstruktiven Hochbaus, Teil 2“ umfasst die Vorstellung der grundlegenden Zusammenhänge des Wärme-, Feuchte-, Schall-, und Brandschutzes, die anhand von einfachen Beispielen typischer Baukonstruktionen erläutert werden. In diesem Zusammenhang wird auch Bezug zu Werkstoffen und Gebäudefassade und deren bauphysikalisches Verhalten genommen.

Abb. 38: Poster zur LV Grundlagen des konstruktiven Hochbaus SS 2014



TUD

Konstruktives Gestalten
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT
STEFAN SCHÄFER



Green Building Design I

WS 2014 / 2015

VORLESUNG DI 09.50 – 11.20 UHR L5 01/45a

ÜBUNG DI 11.20 – 12.50 UHR L5 01/45a

Die Lehrveranstaltung gibt einen umfassenden Einblick in die energetische Gebäudeanalyse und -planung unter Berücksichtigung verschiedener baukonstruktiver Detaillösungen.

In dieser Lehrveranstaltung wird dazu seminaristisch ein kleines Green Building Projekt behandelt, das unter ökologischen Aspekten zu entwerfen, zu optimieren und zu bewerten ist. Neben Fragen zur Material- und Konstruktionswahl, stehen vor allem die regenerativen Energien und deren optimale Nutzung durch die Gebäudetechnik im Fokus der Lehrveranstaltung. Die Arbeitsergebnisse sind im Rahmen von zwei Zwischenpräsentationen und einer Abschlusspräsentation vorzustellen.

EMPFEHLUNG

Das Modul „Green Building Design I“ richtet sich an Studierende ab dem ersten Semester des Master-Studiengangs Bauingenieurwesen. Für die Teilnahme werden Vorkenntnisse in den Fächern Baukonstruktion und / oder Grundlagen des konstruktiven Hochbaus empfohlen.

AUFGABEN

- **Recherchearbeit** zu verschiedenen aktuellen Themen
- **Bearbeitung** eines Green Building Projektes
- **Präsentation** anhand von drei mündlichen Vorträgen

ABLAUF

Di., 14.10.2014	Einführungsveranstaltung
Di., 21.10.2014	Vorlesung zu den Kernthemen
Di., 28.10.2014	Vorstellung der Seminararbeit
Di., 04.11.2014	Einführung Energieberater-Software
Di., 11.11.2014	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 18.11.2014	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 25.11.2014	1. Zwischenpräsentation
Di., 02.12.2014	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 09.12.2014	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 16.12.2014	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 13.01.2015	2. Zwischenpräsentation
Di., 20.01.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 27.01.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 03.02.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 10.02.2015	Exkursion zur Firma Erco
Di., 17.02.2014	Abschlusspräsentation & Abgabe aller Leistungen

Ansprechpartner:
M. Eng. Robert Burgaß

Franziska-Braun-Straße 3
D-64287 Darmstadt
tel: 06151 / 16-7035
fax: 06151 / 16-7034

„Green Building Design I“ gibt einen umfassenden Einblick in die energetische Gebäudeanalyse unter Berücksichtigung verschiedener, baukonstruktiver Detaillösungen.

Dazu wird seminaristisch ein kleines Green Building Projekt behandelt, das unter ökologischen Aspekten zu entwerfen, zu optimieren und zu bewerten ist. Neben Fragen zur Material- und Konstruktionswahl, stehen vor allem die regenerativen Energien und deren optimale Nutzung durch die Gebäudetechnik im Fokus der Lehrveranstaltung. Die von den Teilnehmern zu planenden ganzheitlichen Gebäudekonzepte mit wechselnden Aufgabenschwerpunkten werden dabei in wöchentlich angebotenen Sprechstunden sukzessive optimiert und im Rahmen von zwei Zwischen- und einer Abschlusspräsentation präsentiert.

So beinhaltete beispielsweise die Aufgabenstellung des *Wintersemesters 2013/2014* die Konzeption eines energieautarken Atelierhauses im Ostseebad Ahrenshoop, das sogenannte „*Hus an de Woterkant*“, das durch 2 Personen ganzjährig bewohnt werden sollte. Neben einem Grundstück in unmittelbarer Strandnähe galt es für den Entwurf

ein vorgegebenes Raumprogramm zu beachten. Kern der Aufgabenstellung war es, ein optimiertes Gesamtkonzept für das Atelierhaus zu entwickeln, das sowohl Planunterlagen, als auch eine Gebäudebeschreibung inkl. Schema der Anlagentechnik beinhaltete. Abschließend sollte mittels einer energetischen Bewertung überprüft werden, ob das konzipierte Gebäude ganzjährig energieautark betrieben werden kann. Dazu kam sowohl Simulationssoftware zur Berechnung und Dimensionierung von Photovoltaikanlagen, als auch ein Tool zur Durchführung des Monatsbilanzverfahrens nach DIN V 18599 zum Einsatz.

In dem darauffolgenden *Wintersemester 2014/2015* bezog sich die Aufgabenstellung mit dem Titel „*Vitamin Green*“ auf den Entwurf eines energieeffizienten Hochhauses (Passivhausstandard oder besser) im Stadtteil Kranichstein der Stadt Darmstadt. Auch hier galt es, ein optimiertes Gesamtkonzept zu entwickeln, das mit seiner Energieeffizienz, Form und Materialität ein neues und vitalisierendes Wahrzeichen für den Standort darstellen sollte. Der Nachweis des Passivhausstandards musste abschließend rechnerisch erbracht werden.

Abb. 39: Poster zur Lehrveranstaltung Green Building Design I, WS 2014/2015

3.5.1. Studentische Arbeit, WS 2013 / 2014

Entwurf von Kavika Krishnapalan

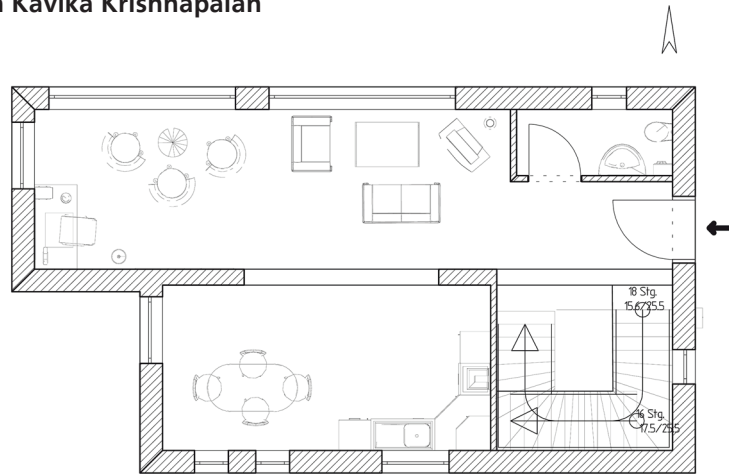


Abb. 40: Grundriss Erdgeschoss

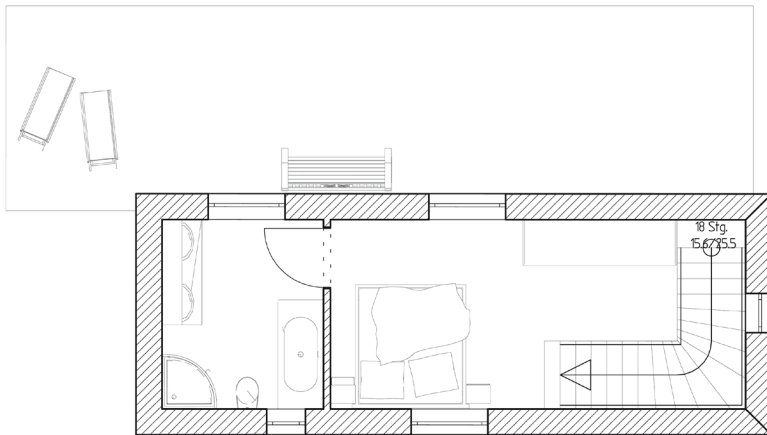


Abb. 41: Grundriss Obergeschoss

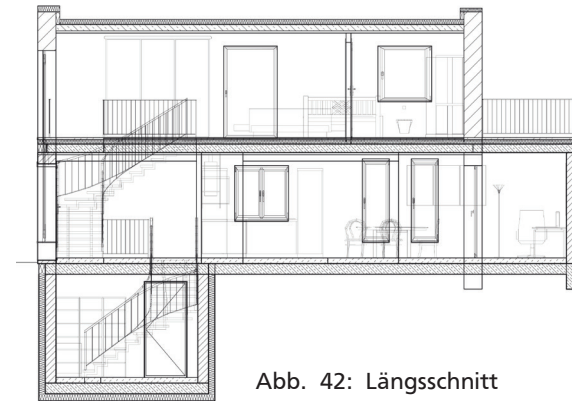


Abb. 42: Längsschnitt

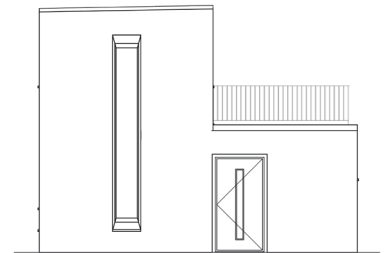


Abb. 43: Ansicht Ost

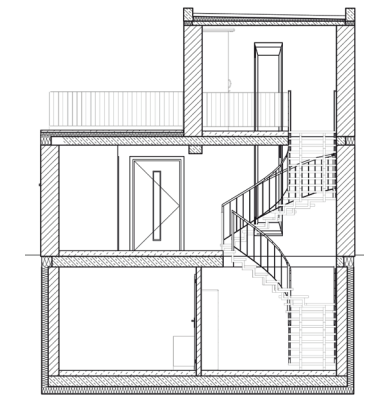


Abb. 44: Querschnitt

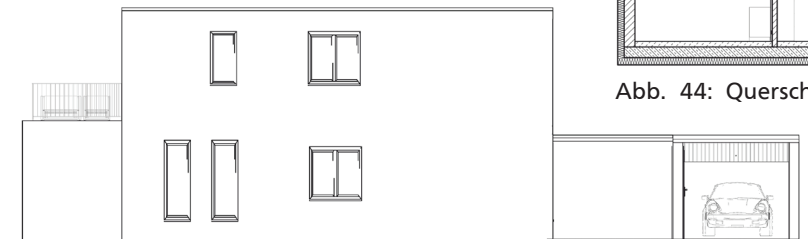


Abb. 45: Ansicht Süd

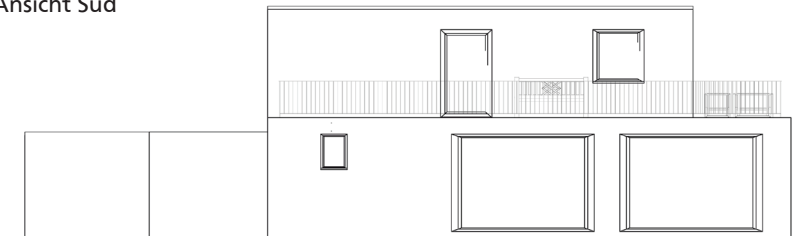
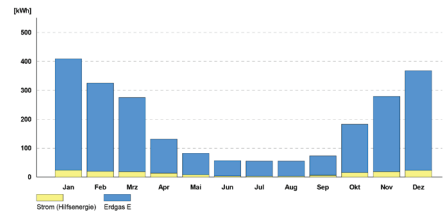


Abb. 46: Ansicht Nord

Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger - Monatsbilanzierung:

in [kWh]	Gesamt	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Strom (Hilfsmittel...)	199	24	20	19	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Endgas E	2133	385	305	256	117	74	53	53	53	53	53	53	53
Gesamt	2292	409	325	275	131	82	57	56	56	56	56	56	56



Energiebilanz:

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	9423 78,83	8228 68,83	0 0	0 0	0 0	1195 10,00
Endenergie	2133 17,85	1504 12,58	0 0	0 0	0 0	630 5,27
Primärenergie	2114 17,69	1490 12,47	0 0	0 0	0 0	624 5,22

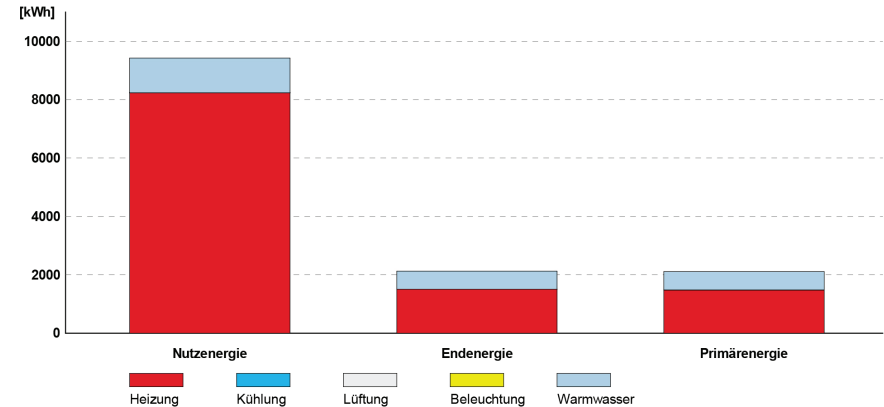


Abb. 47: Energetische Bewertung nach DIN V 18599

Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen

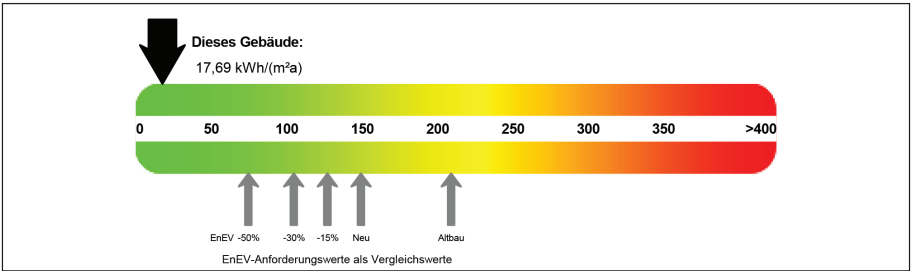
Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Gebäudenutzfläche sowie des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten.

Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf für Neubauten bezogen auf die Gebäudenutzfläche ergibt sich aus dem Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche, Ausrichtung und Nutzung, das hinsichtlich seiner Ausführung bestimmten Anforderungen entspricht. Die Anforderungen sind in der Energieeinsparverordnung - EnEV 2009 Anlage 1 Tabelle 1 aufgelistet.

Der Primärenergiebedarf umfasst Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung.

Die Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten sind in der EnEV 2009 Anlage 1 Tabelle 2 aufgelistet.

Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Gebäudenutzfläche sowie der spezifische Transmissionswärmeverlust für modernisierte Altbauten darf den Höchstwert für den Neubau um maximal 40 % übersteigen.



	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	EnEV - 15%	EnEV - 30%	EnEV - 50%
Jahres-Primärenergiebedarf q _p [kWh/(m²a)]	17,69	209,40	149,57	127,14	104,70	74,79
Transmissionswärmeverlust H _T [W/(m²K)]	0,26	0,56	0,40	0,34	0,28	0,20

Gebäudeart:		Wohngebäude
Gebäudetyp:		Neubau
Energiebezugsfläche	A _{EBF} :	120 m²
Hüllfläche	A:	403 m²
Volumen	V _e :	374 m³

Abb. 48: Energetische Bewertung nach DIN V 18599

3.5.2. Studentische Arbeit, WS 2014 / 2015

Entwurf von Anna-Lena Fischer

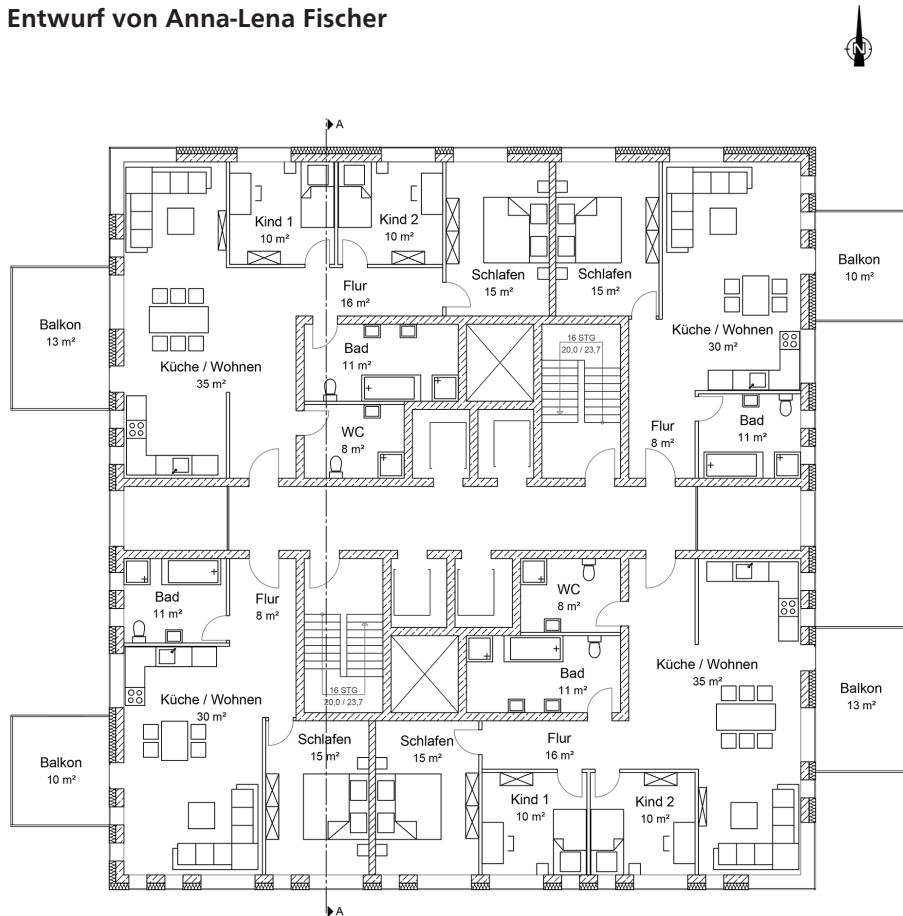


Abb. 49: Grundriss Regelgeschoss

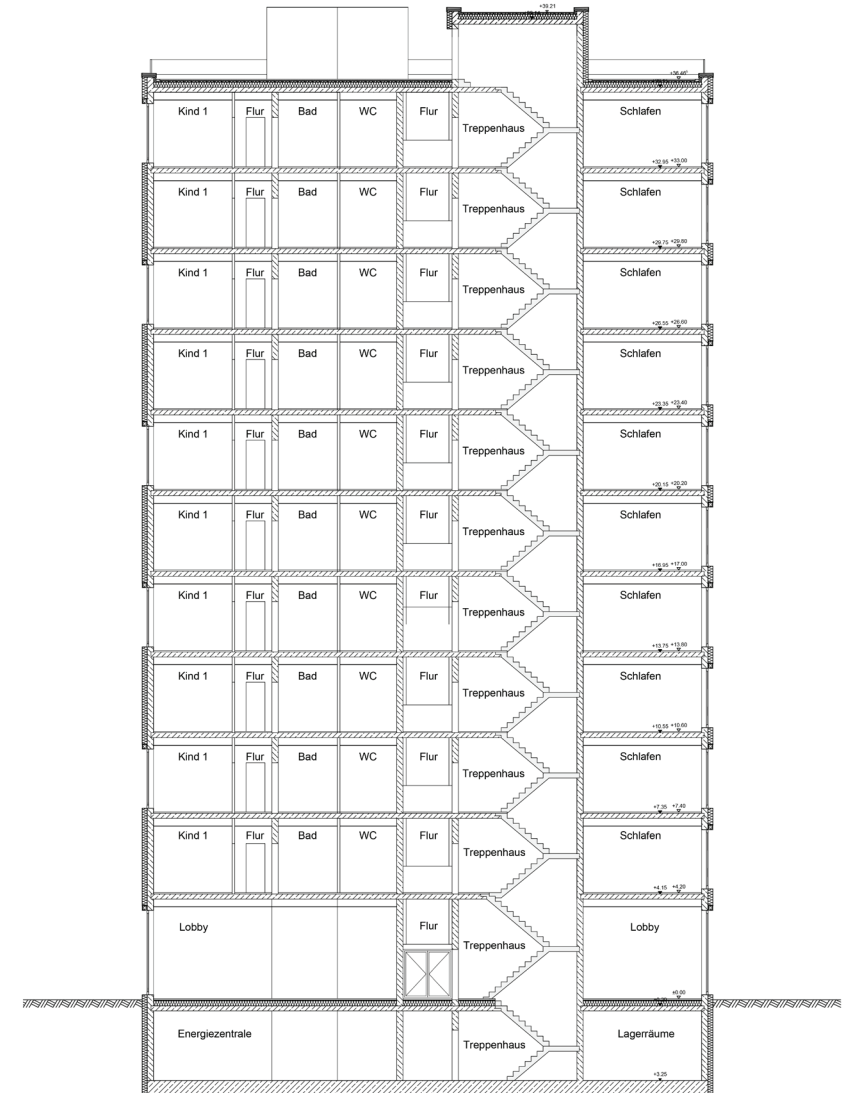


Abb. 50: Schnitt A-A

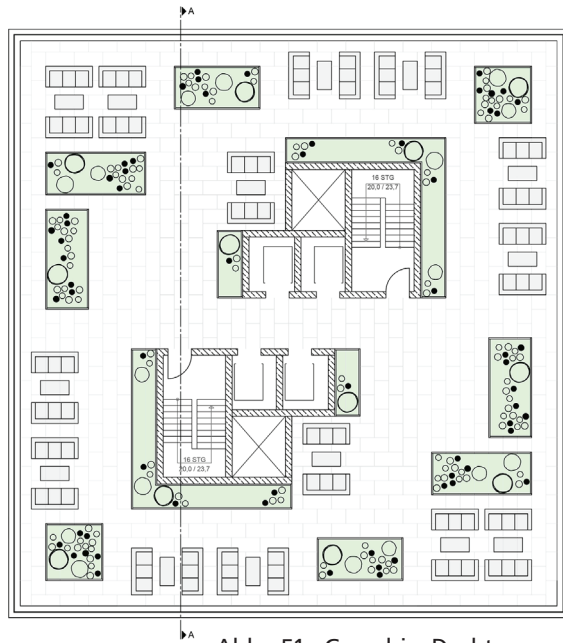


Abb. 51: Grundriss Dachterrasse



Abb. 52: Visualisierung

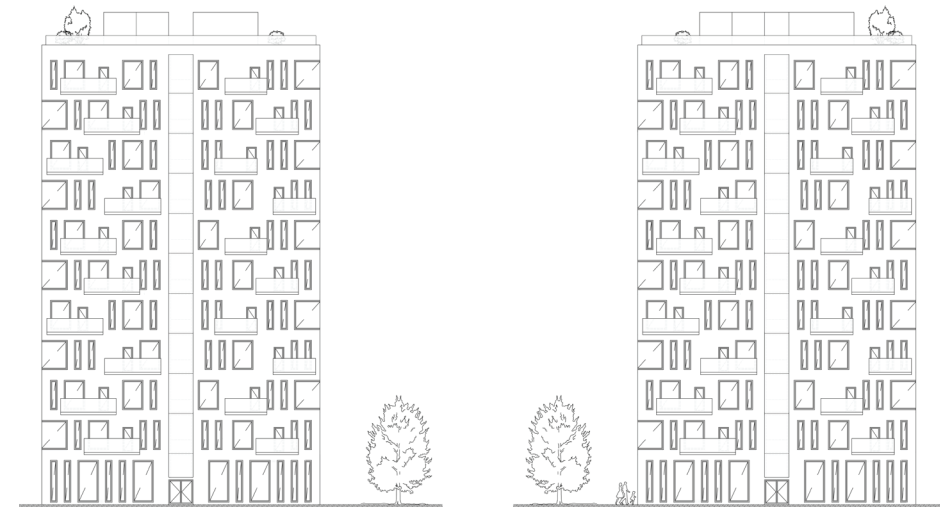


Abb. 53: Ansichten Ost und West

Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger - Monatsbilanzierung:

in [kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Strom (Hilfsener...	33590	2901	2588	2835	2744	2636	2685	2685	2685	2685	2685	2685	2685
Erdgas E	116446	13550	9390	8515	8230	8494	8173	8441	8442	8442	8442	8442	8442
Wärme aus KWK	11088	3414	1189	0	0	0	0	0	0	0	0	1344	5141
Gesamt	161123	19865	13168	11350	10974	11329	10917	11276	11277	10963	11340	14269	24395

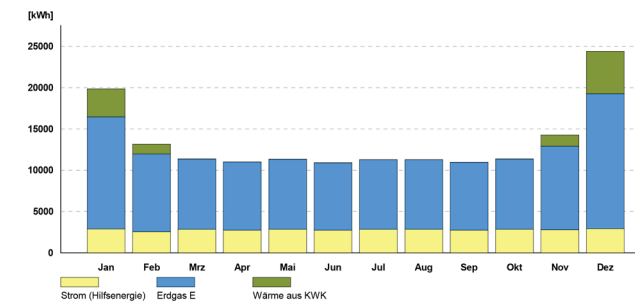
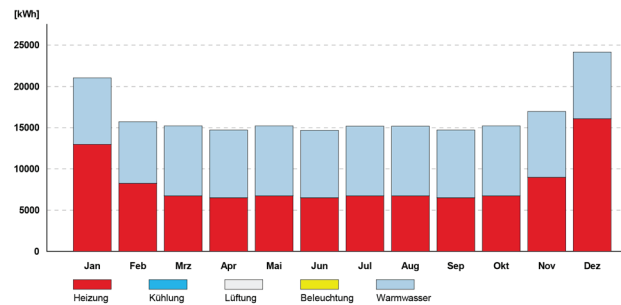


Abb. 54: Energetische Bewertung nach DIN V 18599

3. Lehre - 3.5. Green Building Design I

Primärenergiebedarf - Monatsbilanzierung:

In [kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	99574	12955	8263	6743	6527	6145	6271	6345	6746	8627	6785	8891	11072
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	98475	8063	7473	8499	8215	8478	8158	8425	8426	8204	8488	7984	8064
Gesamt	198049	21018	15736	15242	14742	15222	14685	15169	15170	14731	15233	16965	24135



Energiebilanz:

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	92531 16,17	13840 2,42	0	0	0	13,75
Endenergie	161123 28,15	62175 10,86	0	0	0	17,29
Primärenergie	198049 34,61	99574 17,40	0	0	0	17,21

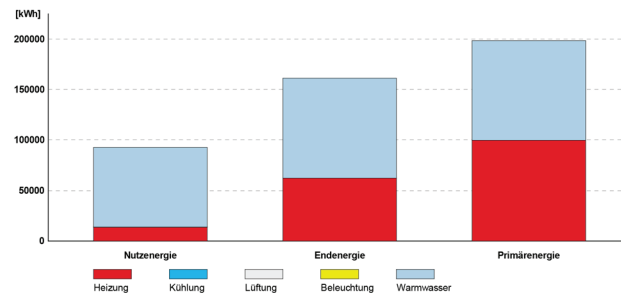


Abb. 55: Energetische Bewertung nach DIN V 18599

3. Lehre - 3.5. Green Building Design I

Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen

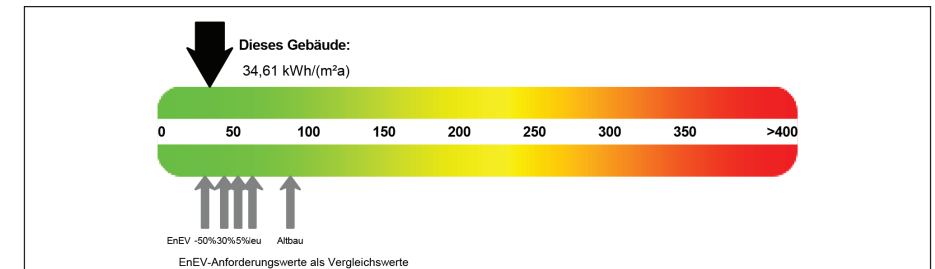
Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Gebäudenutzfläche sowie des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten.

Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf für Neubauten bezogen auf die Gebäudenutzfläche ergibt sich aus dem Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche, Ausrichtung und Nutzung, das hinsichtlich seiner Ausführung bestimmten Anforderungen entspricht. Die Anforderungen sind in der Energieeinsparverordnung - EnEV 2009 Anlage 1 Tabelle 1 aufgelistet.

Der Primärenergiebedarf umfasst Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung.

Die Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten sind in der EnEV 2009 Anlage 1 Tabelle 2 aufgelistet.

Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Gebäudenutzfläche sowie der spezifische Transmissionswärmeverlust für modernisierte Altbauten darf den Höchstwert für den Neubau um maximal 40 % übersteigen.



	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	EnEV - 15%	EnEV - 30%	EnEV - 50%
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m²a)]	34,61	88,25	63,04	53,58	44,13	31,52
Transmissionswärmeverlust H_T [W/(m²K)]	0,42	0,70	0,50	0,43	0,35	0,25

Gebäudeart:		Wohngebäude
Gebäudetyp:		Neubau
Energiebezugsfläche	A_{EBF} :	5723 m²
Hüllfläche	A :	3426 m²
Volumen	V_e :	17884 m³

Abb. 56: Energetische Bewertung nach DIN V 18599



Green Building Design II **SS 2015**

VORLESUNG DI 09.50 – 11.30 UHR L5 05/26
ÜBUNG DI 11.40 – 13.20 UHR L5 05/26

Die Lehrveranstaltung gibt einen umfassenden Einblick in die energetische Gebäudeanalyse unter Berücksichtigung verschiedener baukonstruktiver Detaillösungen. Sie baut inhaltlich auf die Lehrveranstaltung „Green Building Design I“ auf.

In dem Modul werden seminaristisch Individualthemen behandelt, die sich mit vertiefenden Fragen des energieeffizienten Bauens befassen. Dies beinhaltet sowohl die wissenschaftliche Betrachtung von unterschiedlichen Materialien und Konstruktionen als auch von bauphysikalischen Prozessen und energetischen Hauskonzepten. Die zu erarbeitenden Ergebnisse sind in Rahmen einer Zwischen- und einer Abschlusspräsentation vorzustellen.

EMPFEHLUNG

Das Modul „Green Building Design II“ richtet sich an Studierende ab dem 1. Semester des Master-Studiengangs Bauingenieurwesen. Für die Teilnahme werden Vorkenntnisse in den Fächern Baukonstruktion oder Grundlagen des konstruktiven Hochbaus empfohlen. Das Modul kann unabhängig von dem Modul „Green Building Design I“ belegt werden.

AUFGABE

- Recherchearbeit zu verschiedenen aktuellen Themen
- Darstellung der Ergebnisse in Form eines schriftlichen Referats
- Präsentation anhand von zwei mündlichen Vorträgen

ABLAUF

Di., 14.04.2015	Einführungsveranstaltung
Di., 21.04.2015	Vorlesung zu den Kernthemen
Di., 28.04.2015	Vorstellung der Seminararbeiten
Di., 05.05.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 12.05.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 19.05.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 26.05.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 02.06.2015	Zwischenpräsentation
Di., 09.06.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 16.06.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 23.06.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 30.06.2015	Übung / Korrektur zu den Teilaufgaben
Di., 07.07.2015	Abschlusspräsentation
Di., 14.07.2015	Exkursion
Di., 21.07.2015	Abgabe der Seminararbeiten

TUD

Konstruktives Gestalten
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT
STEFAN SCHÄFER



Die Lehrveranstaltung „**Green Building Design II**“ gibt einen umfassenden Einblick in die energetische Gebäudeanalyse unter Berücksichtigung verschiedener, baukonstruktiver Detaillösungen.

Dazu werden seminaristisch Individualthemen behandelt, die sich mit vertiefenden Fragen des energieeffizienten Bauens befassen. Dies beinhaltet sowohl die wissenschaftliche Betrachtung von unterschiedlichen Materialien und Konstruktionen, als auch von bauphysikalischen Prozessen und energetischen Hauskonzepten. Die zu erarbeitenden Ergebnisse sind in Rahmen einer Zwischen- und einer Abschlusspräsentation vorzustellen.

Im *Sommersemester 2014* wurden mittels schriftlichen Referaten 3 Themenbereiche bearbeitet. Die Aufgabenstellungen des 1. Themenbereichs bezogen sich auf die Analyse eines selbstgewählten Bestandsgebäudes hinsichtlich vorhandener Wärmebrücken, der Luftdichtheit oder feuchtigkeitsbedingter Wärmeverluste. Die Aufgabenstellungen zum 2. Themenbereich waren hingegen planerischer ausgerichtet und hatten die Modernisierung eines Bestandsgebäudes zu einem Null- oder Plusenergiehaus zum Inhalt.

Der letzte Themenbereich befasste sich mit modernen Dämmstoffen, wie z.B. Vakuumisulationspaneele, Aerogele oder wärmereflektierende Materialien.

Im *Sommersemester 2015* wurde diese Themenvielfalt fortgesetzt. Inhalt eines schriftlichen Referats war z.B. der Vergleich von dynamischer Gebäudesimulation und Monatsbilanzverfahren nach DIN V 18599 anhand eines ausgewählten Referenzgebäudes. Für die instationären und stationären Berechnungen kamen IDA ICE und Hottgenroth Energieberater 18599 zur Anwendung. Weitere Referate befassten sich unter anderem mit neuen Technologien, wie z.B. Power-to-Heat- und Power-to-Gas-Anlagen, sowie deren Anwendungspotential im Gebäudebereich. Auch alternative Materialien, wie die transparente Wärmedämmung, wurden im Rahmen eines schriftlichen Referats vorgestellt und mittels hygrothermischer Simulationssoftware auf bauphysikalische Vor- und Nachteile untersucht. Weitere Referatsthemen waren beispielsweise die Integration von Photovoltaik und Solarthemie in Gebäudefassaden, die Analyse des Feuchtigkeitseinfluss auf die Wärmeleitfähigkeit von Ziegeln und die Konzeption eines Aktivhauses im Gebäudebestand.

3.6.1. Studentische Arbeit, SS 2014

Seminararbeit von Nils Ehrenfeld

Abb. 58: Seminararbeit von Nils Ehrenfeld, Deckblatt



Abb. 59: Auszug aus der Seminararbeit

Mithilfe eines bestehenden Referenzgebäudes wird untersucht, welche Maßnahmen zur Erreichung eines Plusenergiehausstandards notwendig sind und ob diese Sanierung möglich und auch wirtschaftlich umsetzbar ist. Die Auswirkungen der Maßnahmen werden mithilfe der Software *Hottgenroth Energieberater 18599* durchgeführt.

Abschließend wird ein Vergleich von der Modernisierung zu einem Plusenergiehaus und der Modernisierung zu einem 3-Liter-Haus durchgeführt.

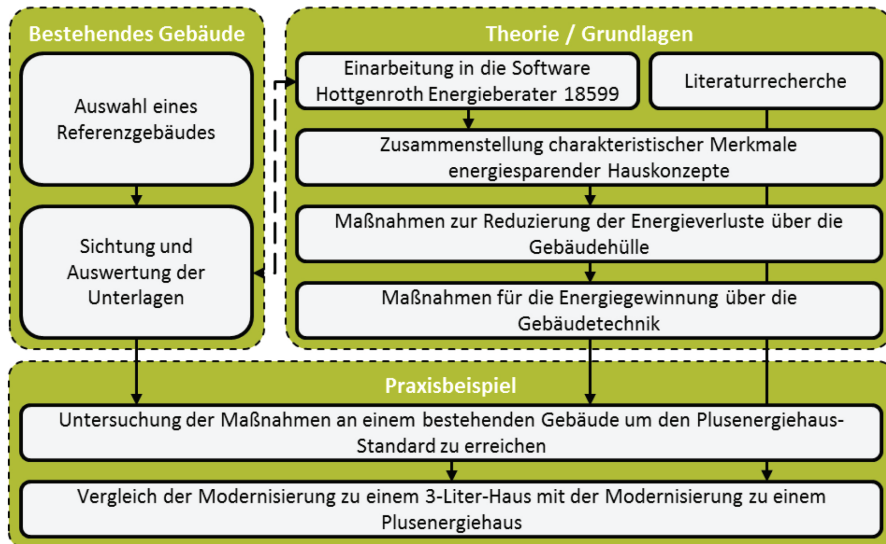


Abbildung 1: Methodik und Gang der Untersuchung⁵

Tabelle 19: Bewertung der verschiedenen Dämmvarianten

	Gewichtung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7
Einsparungen	0,6	0,89	0,90	0,92	0,92	0,97	0,99	1,00
Kosten	0,3	1,00	0,99	0,97	0,96	0,90	0,88	0,87
Graue Energie	0,05	1,00	0,86	0,75	0,69	0,69	0,61	0,54
Einfluss auf Umgebung	0,05	1,00	0,95	0,95	0,90	0,90	0,75	0,65
Bewertung		0,933	0,931	0,929	0,922	0,933	0,931	0,924

Variante 1 und Variante 5 haben mit einer Gesamtbewertung von 93,3 % die höchste Punktzahl. Da der Fokus auf der energetischen Einsparung liegt und Variante 5 hierbei die bessere Bewertung erhalten hat (0,97), wird für die Sanierungsmaßnahmen der Gebäudetechnik diese Variante ausgewählt. In Abbildung 16 sind die jährlichen Energiebedarfe und CO₂-Emissionen des Referenzgebäudes nach der Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen ohne die Modernisierung der Gebäudetechnik dieser Variante dargestellt.

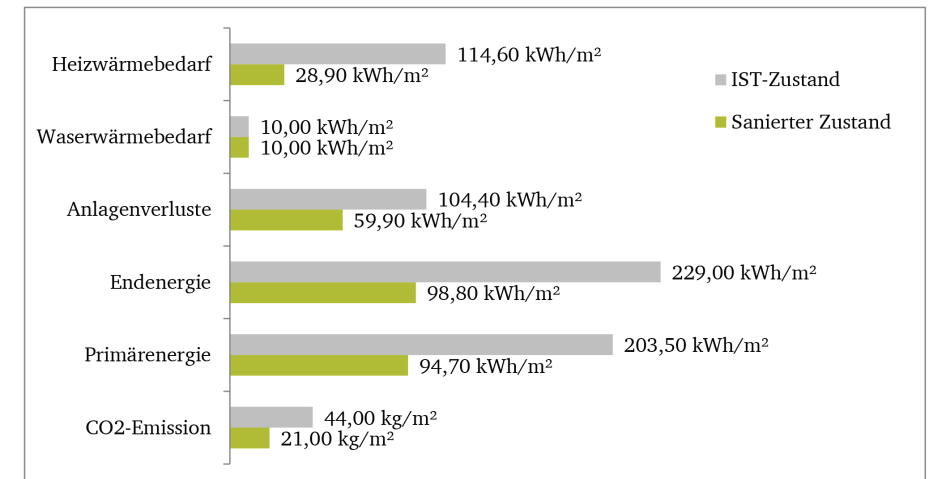


Abbildung 16: Energiebedarfe und Emissionen der ausgewählten Variante

Abb. 60: Auszug aus der Seminararbeit

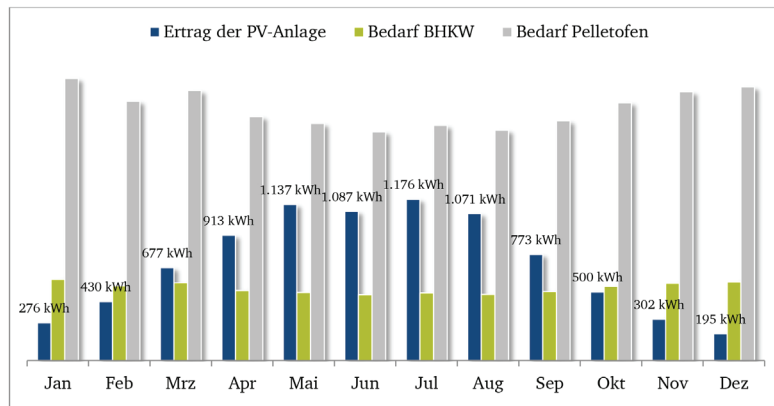


Abbildung 17: monatlicher Ertrag der PV-Anlage und monatlicher Bedarf der zwei Varianten⁹⁷

4.5. Überprüfen einer Alternative zur Erreichung eines 3-Liter-Haus-Standards

Im Folgenden wird untersucht welche Maßnahmen nötig sind, um einen 3-Liter-Haus-Standard zu erreichen. Hierzu werden die Aspekte Dämmmaterial, Dämmstärke und U-Werte der Fenster sowie die Anlagentechnik betrachtet. Der Hauptfokus liegt dabei auf den Investitionskosten bzw. der Wirtschaftlichkeit und Effizienz.

Das Dämmmaterial PUR/PIR, welches für die Dämmung des Referenzgebäudes zum Einsatz kommt ist auf Grund des hohen Primärenergiegehalts und die Herstellung aus dem fossilen Grundstoff Erdöl kritisch zu betrachten. Als Alternative ist für die Dämmung der Außenwand, der obersten Geschossdecke und der Bodenplatte der Einsatz von Kork-Dämmplatten mit deutlich geringerem Primärenergiegehalt von 0,4 kWh/kg (PUR/PIR: 40,56 kWh/kg). Auf Grund der hohen Druckbelastung ist die Dämmung der Kellerwände mit einer Perimeterdämmung allerdings nicht mit Kork-Dämmplatten möglich.⁹⁸

Durch die Reduzierung der Dämmstärke können vor allem Kosten gespart werden. Die Kosten der Vorzugsvariante (vgl. Abschnitt 0) für die Dämmung der Außenwand, der obersten Geschossdecke, der Kellerwand und der Bodenplatte beträgt ca. 25.000 €. Bei einer Reduzierung der Dämmstärke auf 14 cm für die Außenwand, die oberste Geschossdecke und die Kellerwand sowie 6 cm für die Bodenplatte werden ca. 2.000 € eingespart. Die Verwendung von Kork-Dämmplatten reduziert die Kosten nochmals um ca. 4.000 € (siehe Tabelle 25).

⁹⁷ Vgl. Hottgenroth Software 2013; monatlicher Bedarf vgl. <http://www.musterhaushalt.de/durchschnitt/stromverbrauch/>; Zugriff am: 12.07.2014.

⁹⁸ Vgl. Weiß und Paproth 2001, S. 26; Zugriff am: 12.07.2014.

Abb. 61: Auszug aus der Seminararbeit

3.6.2. Studentische Arbeit, SS 2015

Seminararbeit von Lukas Müller

3. Transparente Dämmstoffe

3.1 Wirkprinzip

Durch die im Winter vorhandene Temperaturdifferenz zwischen Innenraum und Außenklima kommt es üblicherweise zu einem gerichteten Wärmestrom von innen nach außen. Dies hat zur Folge, dass ein Teil der erzeugten Wärme im Innenraum, als Transmissionswärme durch die Gebäudehülle wieder verloren geht. Eine gute opake Wärmedämmung schränkt diese Wärmeverluste zwar ein, nutzt die auftretende Solarstrahlung an der Außenfläche jedoch nicht. Genau an dieser Stelle kommt das Wirkprinzip eines transparenten Dämmstoffes zum Tragen.

Ein transparenter Dämmstoff ist ein Material oder ein aus mehreren Komponenten bestehendes Bauteil, das einerseits den Wärmeverlust von innen nach außen verringert und andererseits das Sonnenlicht nach innen eintreten lässt, wo es in Wärme umgewandelt wird und einen Beitrag zur Beheizung des Innerraumes leistet.⁹

Bei einem transparenten Dämmstoff fallen die Sonnenstrahlen durch einen lichtdurchlässigen Glasputz auf eine transparente Dämmschicht. Von dort aus werden sie an die schwarze Absorberschicht weitergeleitet. Die Absorberschicht ist dafür zuständig, dass das Licht in Wärme umgewandelt wird und in der massiven Wand gespeichert wird. Von der massiven Wand wandert die Wärme auf die Innenseite.

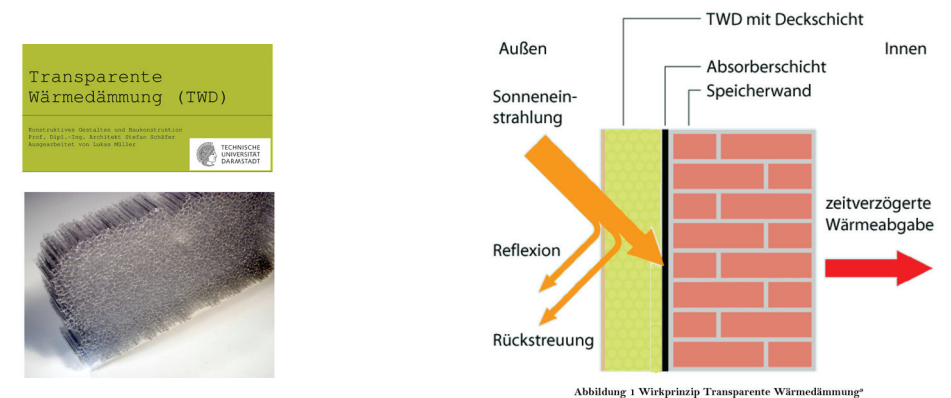


Abb. 62: Seminararbeit von Lukas Müller, Deckblatt

Abb. 63: Auszug aus der Seminararbeit

3. Lehre - 3.6. Green Building Design II

5.1.3 Auswertung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Berechnung mit der Software WUFI Pro 5.3 zunächst für die einzelnen Wandaufbauten vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse miteinander verglichen. Zu beachten ist, dass der Wärmestrom nur für die Innenoberfläche untersucht wurde, da dort die Wärmegewinne für den Innenraum generiert werden.

Altbauwand

Wenn man sich die Ergebnisse der Berechnungen für den Wandaufbau des Altbaus ansieht, wird schnell deutlich, dass es enorme Wärmeverluste an der Innenoberfläche gibt. Kein Dämmstoff behindert den Wärmestrom, so dass dieser ungehindert passieren kann. Vor allem in den Wintermonaten, Tag null bis Tag 120 sowie Tag 270 bis 365, sind große Wärmeverluste von bis zu 38 W/m^2 vorhanden. Lediglich in den Sommermonaten, bei hoher Sonneneinstrahlung auf den Wandaufbau, können kleinere Wärmegewinne von bis zu $2,8 \text{ W/m}^2$ generiert werden.

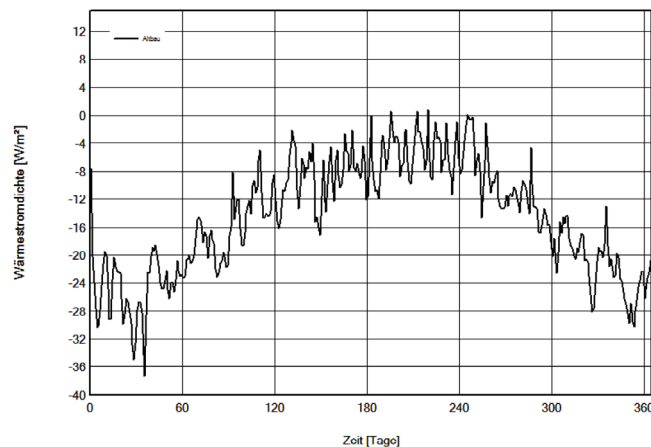


Abbildung 22 Wärmestromdichte Innenoberfläche Altbau

Modernisierter Aufbau mit transparenter Wärmedämmung

Bei dem Wandaufbau mit dem transparenten Dämmstoff, ist ebenfalls die Funktion der Wärmedämmung zu erkennen. Der transparente Dämmstoff verhindert den Durchgang der Wärmeenergie, so dass die Wärmestromverluste deutlich geringer gehalten werden, sie liegen bei Maximalwerten von -13 W/m^2 in den Wintermonaten. Darüber hinaus können die Wärmestromgewinne, durch den lichtdurchlässigen Dämmstoff, zusätzlich auf bis zu 7 W/m^2 erhöht werden.

Abb. 64: Auszug aus der Seminararbeit

3. Lehre - 3.6. Green Building Design II

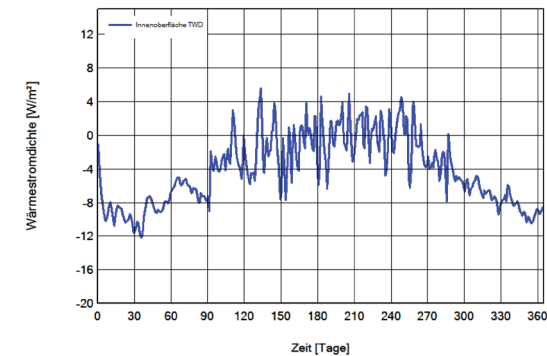


Abbildung 24 Wärmestromdichte Innenoberfläche TWD

Wenn man alle drei Wandaufbauten miteinander vergleicht wird deutlich, dass durch Dämmstoffe egal ob opak oder transparent, enorme Einsparungen in Bezug auf Wärmeverluste erzielt werden können. Gerade der Unterschied zwischen Altbau und den beiden Modernisierungsvarianten zeigt Einsparpotentiale von bis zu 60%. Beim Vergleich des opaken mit dem transparenten Dämmstoff, zeigt der opake Dämmstoff geringere Wärmeverluste in den Wintermonaten, als der transparente Dämmstoff. Dies ist auf seine höhere Wärmeleitfähigkeit zurückzuführen.

Betrachtet man die Wärmegewinne, vor allem die in den Sommermonaten, so sind auch hier die modernisierten Wandaufbauten klar im Vorteil. Im Vergleich zu dem Wandaufbau des Altbaus lassen sich die Wärmegewinne verdoppeln. Vergleicht man beide Dämmstoffe miteinander, so kann man als Ergebnis festhalten, dass sich durch transparente Dämmstoffe rund 10% mehr Wärmegewinne in den Sommermonaten generieren lassen, als durch opake Dämmstoffe.

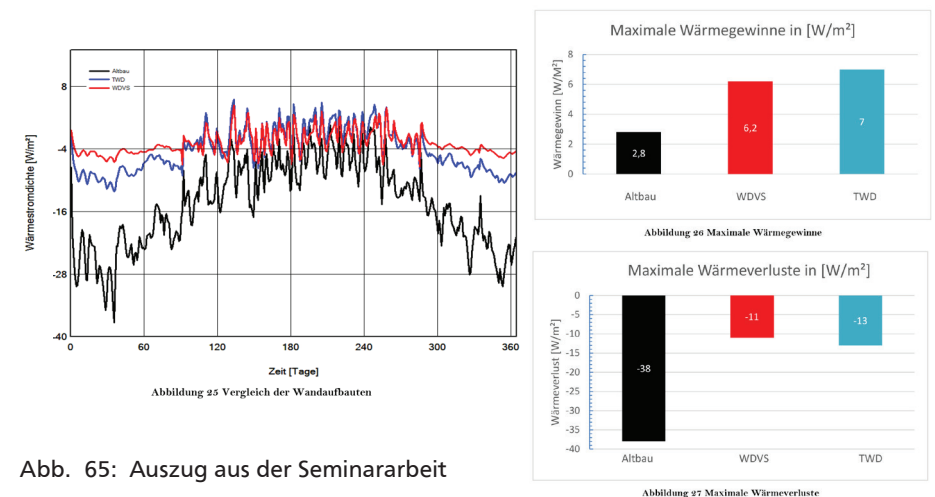


Abb. 65: Auszug aus der Seminararbeit



FREIHANDZEICHNEN

VORLESUNG FR 13:30 – 15:10 UHR L1 01 / 293
BETREUUNG/KORREKTUR FR 15:20 – 17:00 UHR L1 01 / 293

Das Freihandzeichnen unterstützt die Kommunikation des Ingenieurs im Beruf mit Architekten, Ingenieuren und Bauherren und schult die dreidimensionale Vorstellungskraft.

In wöchentlichen Übungen wird Schritt für Schritt das Handwerkszeug für das freie Zeichnen mit dem Bleistift und anderen Zeichenmedien vermittelt. Die Übungen finden während des Semesters in den angegebenen Räumlichkeiten und bei geeigneter Witterung zum Teil auch im Freien statt. Es findet eine eintägige Pflichtexkursion an einen geeigneten und „malerischen“ Ort statt.

ABLAUF

Fr. 17.04.2015	1. Einführungsveranstaltung
Fr. 24.04.2015	2. Vorlesung und Übung
Fr. 08.05.2015	3. Vorlesung und Übung
Fr. 15.05.2015	4. Vorlesung und Übung
Fr. 22.05.2015	5. Vorlesung und Übung
Fr. 29.05.2015	6. Vorlesung und Übung
Fr. 05.06.2015	7. Vorlesung und Übung
Fr. 12.06.2015	8. Vorlesung und Übung
Fr. 19.06.2015	9. Vorlesung und Übung
Fr. 26.06.2015	10. Vorlesung und Übung
Fr. 03.07.2015	11. Vorlesung und Übung
Fr. 10.07.2015	12. eintägige Pflichtexkursion
Fr. 17.07.2015	13. Vorlesung und Übung

FOLGENDE THEMEN WERDEN BEHANDELT

Einfache geometrische Gegenstände
I-Träger in verschiedenen Lagen
Werkzeuge aller Art mit geringen Abmessungen
Verbindungsmittel
Mobiliar
Details aller Art
Pflanzen
Stilleben
Gebäude und Bauwerke
Ingenieurbauwerke
Personen
Aquarelle

TUD

Konstruktives Gestalten
und Baukonstruktion

PROF. ARCHITEKT
STEFAN SCHÄFER



Ansprechpartner:
Prof. Architekt Stefan Schäfer
Dipl.-Ing. (FH) Irene Root

Franziska-Braun-Straße 3
D-64287 Darmstadt
tel: 06151 / 16-7032
fax: 06151 / 16-7034

3.7. Freihandzeichnen FHZ

Das Seminar Freihandzeichnen für Bauingenieure unterstützt die Kommunikation des Ingenieurs im Beruf mit Kollegen und Bauherren und schult die dreidimensionale Vorstellungskraft.

In wöchentlichen Übungen wird Schritt für Schritt das Handwerkszeug für das freie Zeichnen mit dem Bleistift, Faser- u. Kugelschreiber sowie Aquarell vermittelt.

Mit einfachen geometrischen Objekten (Würfel, Kugel...) und räumlichen Darstellungen wird der mediale Umgang mit der Thematik des Zeichnens geübt. Es werden die Grundlagen für komplexe geometrische Zusammenhänge, in denen Licht und Schatteneffekte eine Rolle spielen, vermittelt.

Des Weiteren ist es die Aufgabe, die reale Darstellung (Perspektive) und unterschiedlichen Oberflächen von Materialien, sowie den Blick für Details, die das Ganze prägen, zu schulen. Zur Erfahrung von natürlich gewachsenen Strukturen (Blätter, Bäume...) werden die verschiede-

nen Linienführungen unterrichtet. In Aquarellen (Gebäude, Natur) wird auch der Umgang mit Farbe geübt.

Folgende Themen werden in den Vorlesungen und in den praktischen Übungen behandelt:

1. Einfache geometrische Gegenstände
2. I-Träger in verschiedenen Lagen
3. Werkzeuge
4. Verbindungsmittel
5. Mobiliar
6. Details aller Art
7. Pflanzen, Vegetation
8. Stilleben
9. Gebäude, Bauwerke
10. Ingenieurbauwerke
11. Personen
12. Aquarelle

Das seminarbegleitende Skript für die Lehrveranstaltung Freihandzeichnen enthält wertvolle Tipps, Hinweise und weiterführende Informationen zu den Themen, die in den Vorlesungen und Übungen behandelt werden.

Abb. 66: Poster zur Lehrveranstaltung Freihandzeichnen SS 2015

3.7.1. Studentische Arbeiten SS 2014 und SS 2015

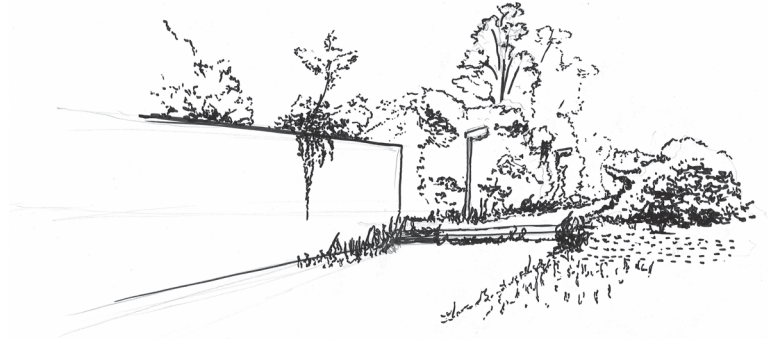


Abb. 67: Thema „Vegetation“, Filzstiftzeichnung, SS 2015



Abb. 68: Thema „Gebäude und Bauwerke“, Bleistiftzeichnung, SS 2014



Abb. 69: Thema „Bauliche Details“, Bleistiftzeichnung, SS 2014



Abb. 70: Thema „Stillleben“, Bleistiftzeichnung, SS 2015

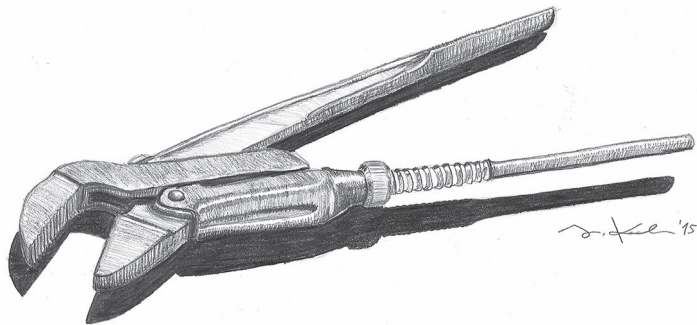


Abb. 71: Thema „Werkzeuge“, Bleistiftzeichnung, SS 2015

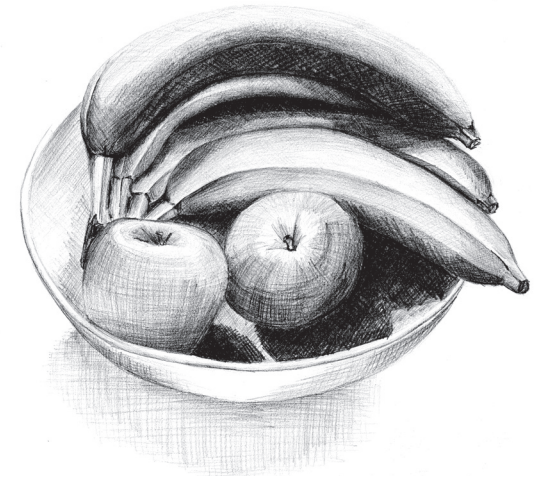


Abb. 72: Thema „Stillleben“, Bleistiftzeichnung, SS 2014



Abb. 73: Thema „Stillleben“, Bleistiftzeichnung, SS 2015



Abb. 74: Aquarelle, SS 2015

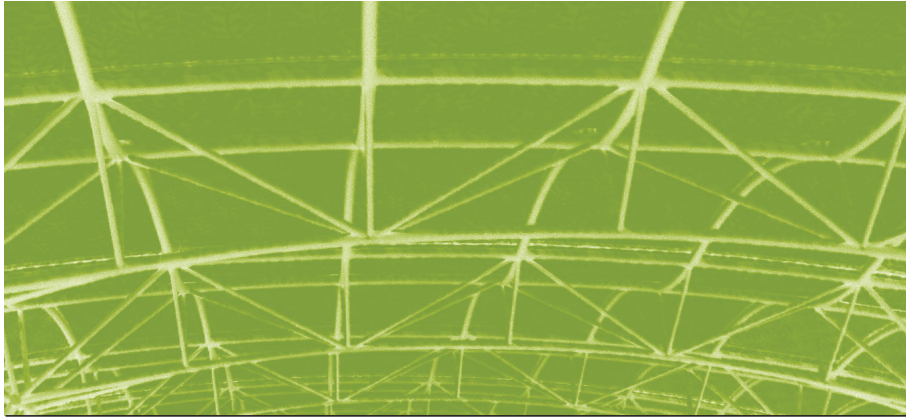


Abb. 75: Thema „Pflanzendetails“,
Bleistiftzeichnung, SS 2014



Abb. 76: Thema „Pflanzendetails“, Bleistiftzeichnung, SS 2015

3. Lehre



3.8. Interdisziplinäres Projekt Bauingenieurwesen IPBU

Die Lehrveranstaltung Interdisziplinäres Projekt ist Bestandteil der Studiengänge Master of Science Bauingenieurwesen und Master of Science Wirtschaftsingenieurwesen – technische Fachrichtung Bauingenieurwesen sowie Master of Science Umweltingenieurwissenschaften und Computational Engineer (CE).

Beide Veranstaltungen, IPBI und IPUI, werden organisatorisch zusammen angeboten. Inhaltlich orientieren sich die Projekte an den jeweiligen Studiengängen, sodass mindestens zwei verschiedene Projekte, eines für Bauingenieure und eines für Umweltingenieure, angeboten werden. Dieses Modul soll im ersten Fachsemester des jeweiligen Master-Studiums belegt werden.

3. Lehre



3.9. Grundlagen des Planens, Entwerfens und Konstruierens GPEK

Die Arbeitsgruppe Planen, Entwerfen und Konstruieren (AG PEK) organisiert die am Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie angebotenen Projektseminare „Grundlagen des Planens, Entwerfens und Konstruierens I & II (GPEK I & GPEK II)“. Diese Lehrveranstaltungen des ersten und zweiten Fachsemesters sollen den Studierenden einen Einblick in das Berufsfeld von Bauingenieuren, Geodäten sowie Umweltingenieuren geben.

Diese Lehrveranstaltungen werden in Zusammenarbeit mit den Fachgebieten des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie durchgeführt und betreut. Im Wintersemester wird ein technisch/ verkehrlich/ soziokulturelles Infrastrukturvorhaben bearbeitet, während im Sommersemester

ein Hoch- oder Ingenieurbauwerk Grundlage der Projektaufgabe ist.

In GPEK bearbeiten die Studenten innerhalb von Projektgruppen eine an sie gestellte Projektaufgabe.

Eine Projektgruppe besteht aus verschiedenen Fachrollen, die am Anfang von jedem Semester von den Studenten gewählt werden kann. Jede Fachrolle bekommt in so genannten Facharbeitstreffen (FAT) den nötigen Fachlichen-Input, um dann gemeinsam in der Gruppe mit den anderen Fachrollen, die an sie gestellte Aufgabenstellung zu bearbeiten.

4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel

4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel



4.1. Sonderforschungsbereich SFB 666

Durch die Arbeiten des Sonderforschungsbereich 666 „Integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung – Entwicklung, Fertigung, Bewertung“ entstehen Methoden und Verfahren, mit denen verzweigte Strukturen aus Blech mit für den jeweiligen Anwendungsfall optimierten Eigenschaften integral hergestellt werden können. Diese Zielsetzung schließt Fragestellungen der Produktentwicklung, der Fertigungstechnologien und der Bauteilbewertung ein. Daher haben sich Wissenschaftler der TU Darmstadt aus den Disziplinen Produktentwicklung, Mathematik, Materialwissenschaften, Produktionstechnik, Betriebsfestigkeit und Bauingenieurwesen zu diesem interdisziplinären Forschungsverbund zusammengeschlossen.

Die erste und zweite Phase der Forschungsarbeiten konnte bereits mit innovativen Ergebnissen und faszinierenden Entwicklungen rund um die neuen Blechbauweisen sehr erfolgreich abgeschlossen werden.

In der nun laufenden dritten Phase werden die Forschungsaktivitäten weiter intensiviert und das Spektrum der wissenschaftlich untersuchten Themen und Fragestellungen sukzessive erweitert [1].

4.1.1. Multifunktionale Bauteile aus Blech

Scholeh Abedini, Stefan Schäfer

Konventionell werden Gebäude in drei Etappen erstellt. Diese sind die Tragkonstruktion, die Installation und der Ausbau. Dieser Konstruktionsablauf beansprucht nicht nur eine hohe Montagezeit im Baustellenbetrieb sondern auch viel Material. Wie in Abb. 77 des nach Daten des statistischen Bundesamtes erstellten Diagramms ersichtlich, waren 2013 52% des Abfallaufkommens Bau- und Abbruchabfälle.

Die Wiederverwertung in der Abfallwirtschaft ist im Allgemeinen von sehr großer Bedeutung und lag 2013 im Durchschnitt bei 79% [2]. Da das Abfallaufkommen bei Bau- und Abbruchabfällen mehr als die Hälfte des Gesamtabfallaufkommens in der Bundesrepublik Deutschland ausmacht und eine energetische Verwertung beispielsweise in einer Müllverbrennungsanlage annähernd ausgeschlossen ist, gewinnt die stoffliche Verwertung umso mehr an Bedeutung. Mit der Verwendung

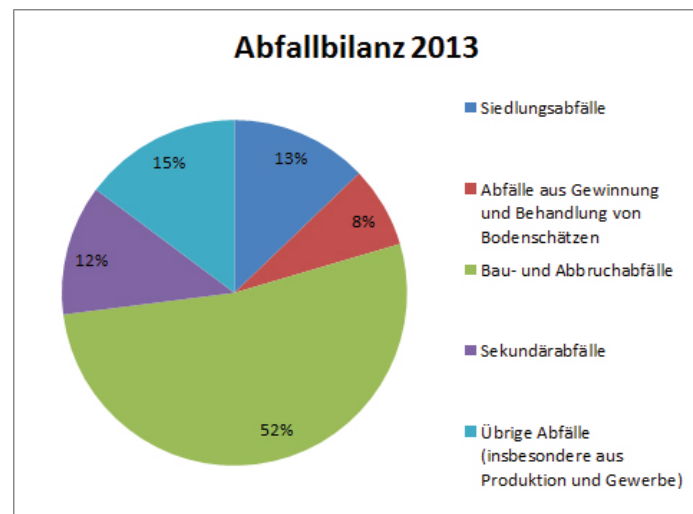


Abb. 77: Abfallbilanz 2013 nach Onlinedaten des Statistischen Bundesamtes vom 22.10.2015 [2]

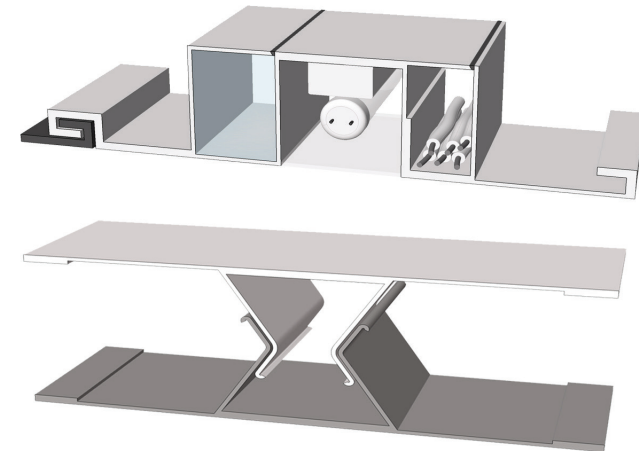


Abb. 78: Beispielhaftes Multifunktionselement

eines mechanisch tragfähigen und recyclingfähigen Materials wie Stahl werden Rohstoffressourcen geschont und zugleich zur Reduzierung des bauwerksbedingten Abfallaufkommens beigetragen.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 666 „Integrale Blechbauweise höherer Verzweigungsordnung – Entwicklung, Fertigung, Bewertung“ werden neue Produkte vom Coil bis zum fertigen Produkt integral hergestellt. Mit den erforschten Fertigungsmethoden ist es möglich, komplexe Eigenschaften hinsichtlich der Bauteilgeometrie und der

Funktionalität kontinuierlich in die Fertigungsline zu implementieren. Diese Implementierung von Funktionselementen trägt zur Steigerung der Multifunktionalität des Endproduktes bei. Mittels des beispielsweise erforschten Fertigungsverfahrens Spaltbiegen ist es möglich, integral aus der Blechebene heraus Versteifungsrippen zu bilden, welche neben der Erhöhung der Steifigkeit auch zugleich als Kammern z. B. für ein Speichermedium Abb. 78 oben oder der Verbindung zweier Blechebenen zur Herstellung eines Sandwichelementes genutzt werden können Abb. 78 unten [3].

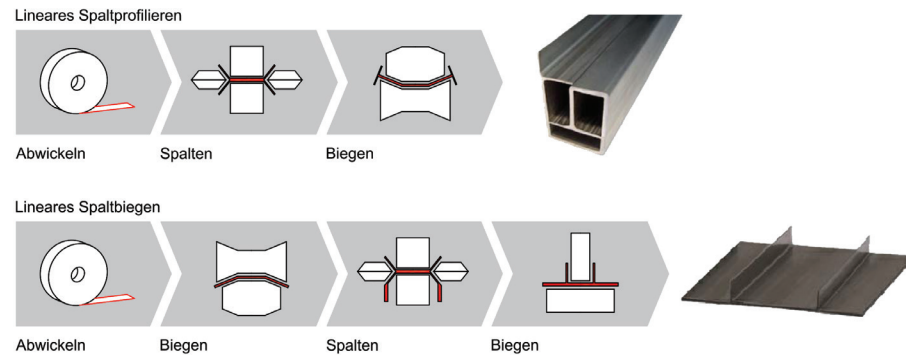


Abb. 79: Prozesskette des SFB 666 beim Spaltprofilieren und Spaltbiegen [4]

Wie in Abb. 79 zu sehen ist, benötigt das Verfahren Spaltbiegen kein zusätzliches Material und hinterlässt darüber hinaus keine störenden und sichtbaren Bearbeitungsrückstände aus Fügungen, die beispielsweise beim Schweißen oder Schrauben entstünden. Somit ist es möglich, mit nur einem materialhomogenen, tragenden und multifunktionalen Bauteil mehrere der eingangs beschriebenen Etappen einer konventionellen Bauweise zu ersetzen und zugleich auch den hohen ästhetischen Anforderungen einer Gebäudehülle zu genügen.

Durch die integrale Fertigung tragen die standardisierten Fertigmodule aus Blech zu einer Erhöhung des Vorfabrikationsgrades bei und reduzieren die langwierigen und teuren Bearbeitungsschritte von einzeln und manuell gefügten Elementen auf der Baustelle. Die werkseitige Produktion der Bauteile unter idealen Produktionsbedingungen ermöglicht ein Maximum an Verarbeitungsqualität.

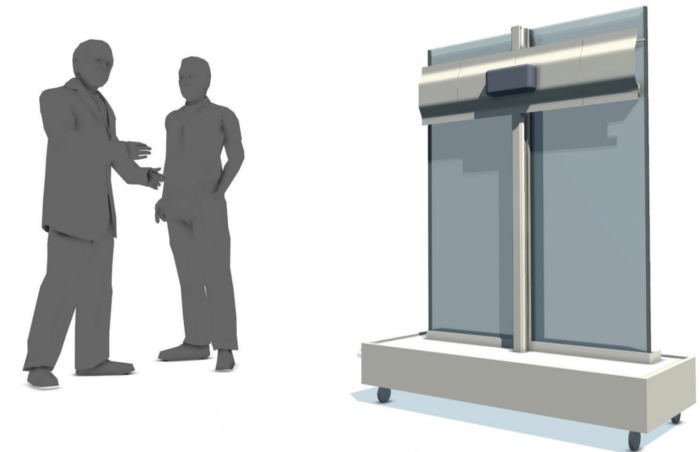


Abb. 80: Portabler Aufbau des Fassadenreinigers zur Präsentation auf Messen

4.1.2. Entwicklung eines Fassadenreinigungssystems als Demonstrationsobjekt des Sonderforschungsbereichs 666

Jakob Reising, Stefan Schäfer

Der Sonderforschungsbereich 666 (SFB 666) fertigt zur Veranschaulichung seiner breit aufgestellten Resultate aus der Grundlagenforschung in allen drei Förderperioden Demonstrationsobjekte. Um die Fertigungs- und Produktentwicklungsmethoden des SFB in der aktuellen Förderperiode zu veranschaulichen, wurde ein Fassadenreinigungssystem konzipiert, einerseits weil es sich sehr gut mit den Erkenntnissen aus den Forschungsprojekten realisie-

ren lässt, andererseits weil es kaum bestehende Systeme auf dem Markt gibt.

Konventionell werden Fassaden von Hand gereinigt, dies bringt allerdings viele Nachteile mit sich:

- Bedingt durch den hohen Lohnkostenanteil sind meist nur große Reinigungszyklen möglich.
- Das Arbeiten auf Hebebühnen oder Fassadenaufzügen ist nicht bei allen Witterungsbedingungen möglich.

Durchgängige Produktentstehung

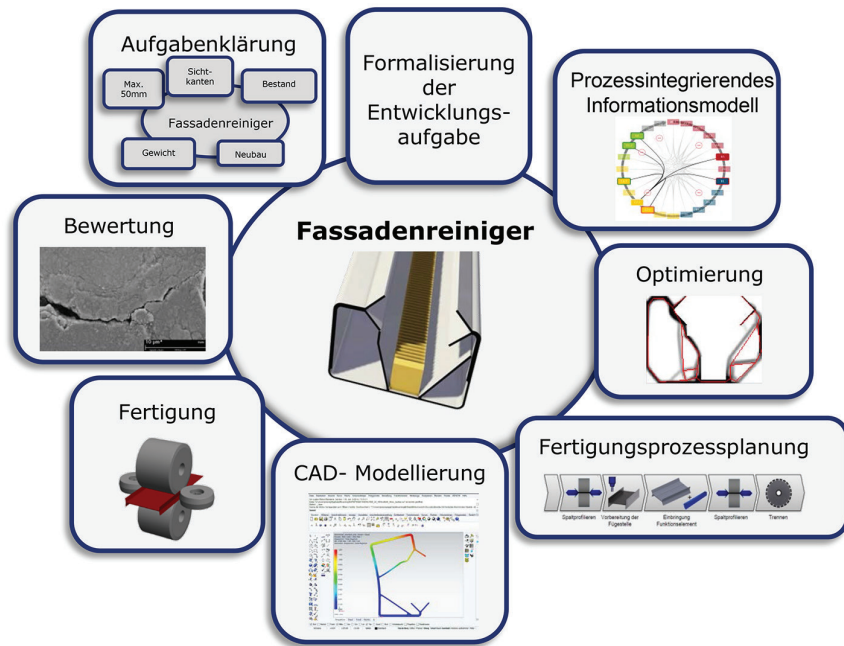


Abb. 81: Die Aufgabenteilung innerhalb des interdisziplinären Projekts

- Gerade bei Hochhäusern mit komplexen Grundrissen sind manche Bereiche nur von abgeseilten Reinigungskräften erreichbar, dies verkompliziert und verlangsamt die Arbeiten.

- Die Arbeitssicherheit des Personals stellt vor allem in großen Höhen ein grundlegendes Problem dar.

- Gerade im Bürobereich kann sowohl der Datenschutz als auch die Vertraulichkeit der Nutzer gestört werden.

Momentan gibt es auf dem Markt keine standardisierten Lösungen für automatisierte und gebäudeintegrierte Fassadenreinigungssysteme. Daher besteht sowohl im Gebäudebestand als auch im Neubau ein nicht zu unterschätzendes Marktpotential.[5]

Interdisziplinäre Produktentwicklung

Das System wird von unterschiedlichen Instituten interdisziplinär entwickelt und veranschaulicht idealerweise die interdisziplinäre Forschung des SFB 666. Dieses System soll daher sowohl lineare Profile als Führungselemente als auch flächige Bauteile, zur Verkleidung der Wischereinheit, beinhalten.

Zusätzlich wird untersucht, wie man die durch das Spaltprofilieren verbesserten Festigkeiten des Materials gezielt zur Verlängerung der Lebensdauer einsetzen kann. Durch die mathematische Optimierung kann Material eingespart und das Gewicht reduziert werden.

Herstellungsschritte des Profils

Neben Instituten aus dem Fachbereich Maschinenbau, die sowohl die Herstellung des Profils untersuchen als auch dessen Entwicklungsprozess durchgängig algorithmisch betrachten, sind Mathematiker für die Optimierung, Materialwissenschaftler zur Beurteilung von Festigkeiten und der Lebensdauer sowie Bauingenieure/Architekten zur Anforderungserfassung und Integration in den Fassadenmarkt an dem Projekt beteiligt.

Um multifunktionale Profile effizient in großer Stückzahl fertigen zu können, sollen möglichst viele Bearbeitungsschritte in die kontinuierliche Fließfertigung integriert werden. Dadurch entfallen aufwändige nachgelagerte Bearbeitungsschritte und eine gleichbleibende Produktqualität kann sichergestellt werden.

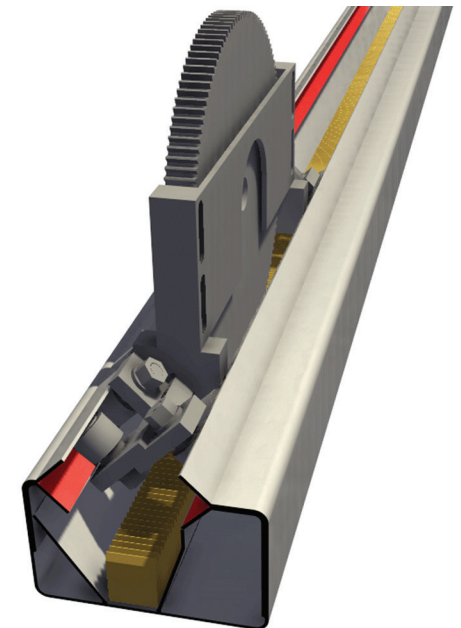


Abb. 82: Das Führungsprofil des Wischers mit Rollen und Zahnrad zum Antrieb

Zunächst wird das Blech vom Coil abgerollt. Daraufhin wird die Biegung, die durch das Aufwickeln auf das Coil entsteht, begradigt. Nachfolgend werden die Bandkanten durch einen Spaltprofilierprozess aufgespalten. Durch daran anschließendes Walzprofilieren und Spaltprofilieren (Spaltbiegen) lassen sich weitere Verzweigungen herstellen, die später die zwei Kammern des Profils schließen. Vor dem letzten Spaltbiegeschritt wird eine Vertiefung in das Profil gefräst und eine Zahnstange eingelegt. Durch die prozessbedingte Verformung kann im letzten Spaltbiegeschritt die Zahnstange wieder kraftschlüssig gefügt werden. Durch weitere Walzprofilierschritte wird nun die geschlossene Geometrie erzeugt. Das Profil kann nun z.B. durch Laserschweißen geschlossen werden. Auch der Zuschnitt kann durch eine bewegliche Säge ohne Unterbrechungen in den Produktionsprozess integriert werden. [6]

Die Fertigung mittels Spalt- und Walzprofilieren hat den enormen Vorteil der hohen Geschwindigkeiten dieser Anlagen: Bei einfachen Walzprofilieranlagen können Geschwindigkeiten von über 100 m/min erreicht werden. Trotzdem lassen sich sehr gute Toleranzen und eine gleichbleibende Produktqualität erreichen. Der Demonstrator veran-

schaulicht somit unterschiedliche Vorteile der in der Fließfertigung hergestellten Profile.

Ausblick auf die Weiterentwicklung

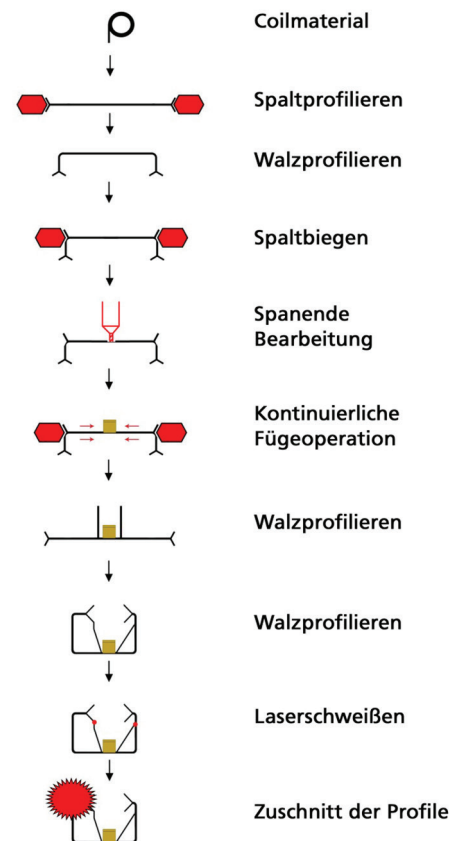


Abb. 83:
Die Herstellungsschritte des Profils

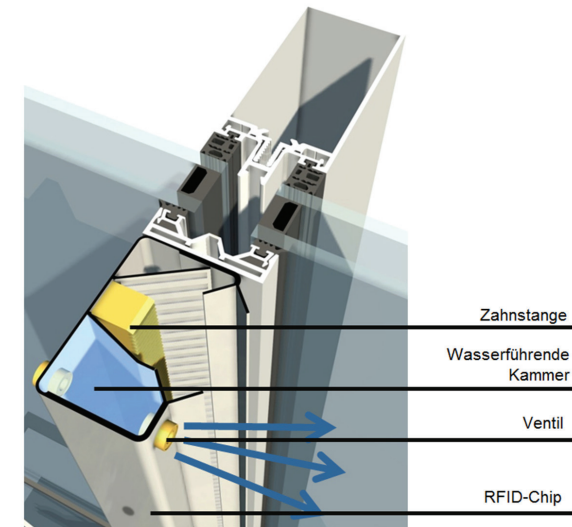


Abb. 84: Eine mögliche Weiterentwicklung des Profils

Dies stellt nur eine erste Entwicklungsphase des Profils dar. Im nächsten Entwicklungsschritt soll eine Kammer zur Führung eines Reinigungsmediums genutzt werden. Dazu sollen die Umformkräfte des Spaltbiegeprozesses genutzt werden, um direkt in der Fließfertigung Ventile in das Profil einzubringen.

Zur exakten Positionsbestimmung der Wischereinheit und zum Speichern von Gebäudedaten sowie anderer für die Reinigung relevanten Informationen, sollen zusätzlich

RFID-Chips integriert werden. Diese können kontaktlos ausgelesen und auch beschrieben werden. Sie lassen sich in eine gefräste Vertiefung einbringen und analog zu den Ventilen durch die Umformkräfte fügen. Zusätzlich soll in der nächsten Ausbaustufe die Wischereinheit aus flächigen Elementen entwickelt werden.

Insgesamt zeigt sich, dass sich in der Fließfertigung viele verschiedene Funktionendirekt und hocheffizient in ein Blechprofil integrieren lassen.

4.1.3. Projektvorlesung des SFB 666

Scholeh Abedini, Stefan Schäfer

Die Projektvorlesung „Innovative Produkte aus Blech“ wird im Rahmen des Sonderforschungsbereichs (SFB) 666 „Integrale Blechbauweise höherer Verzweigungsordnung – Entwicklung, Fertigung, Bewertung“ immer im Wintersemester angeboten. Als potenzielle Teilnehmer sind Studierende aus den am SFB 666 beteiligten Fachbereichen

(Maschinenbau, Mathematik, Materialwissenschaften, Bauingenieurwesen und Architektur) angesprochen. Die Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgt interdisziplinär in Fünfergruppen. Die Studierenden haben die Möglichkeit, im wöchentlichen Wechsel von Vorlesung und Übung die Inhalte der jeweiligen Teilprojekte kennenzulernen und in den Teilübungen die gestellte Aufgabenstellung zu bearbeiten (Abb. 85).

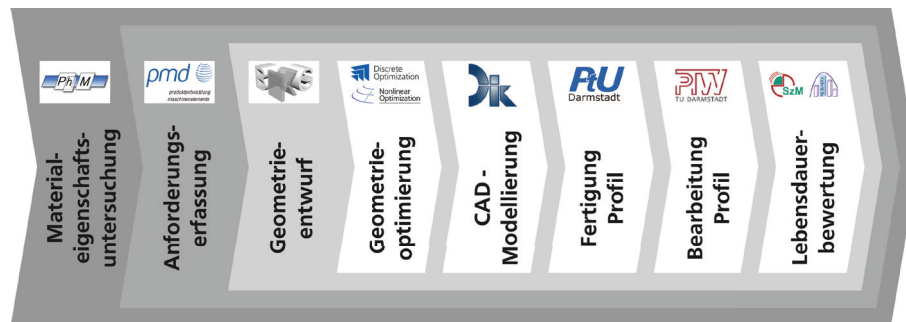


Abb. 85: Vorlesungs- und Übungsabfolge der Projektvorlesung der am SFB 666 beteiligten Teilprojekte

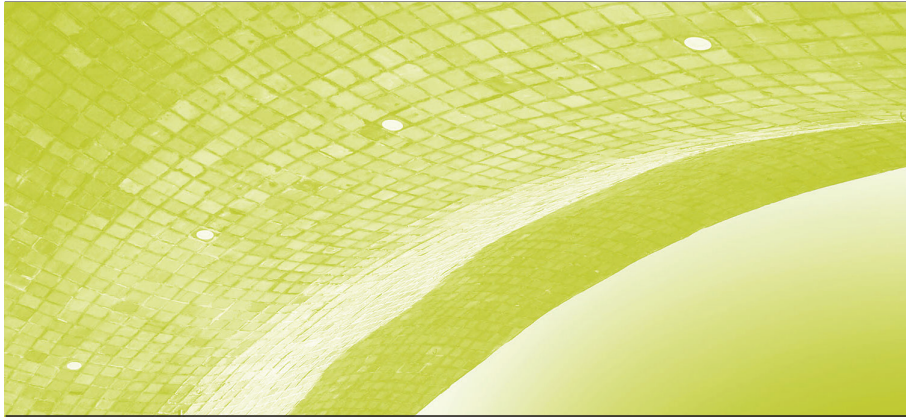
Dabei durchlaufen sie die gesamte Prozesskette des SFB 666 von der Anforderungsstellung bis zum fertigen Produkt. Neben der Erstellung einer gemeinsamen Dokumentation und der Präsentation der Ergebnisse, ist auch ein Abschlusskolloquium unter Wettbewerbsbedingungen vorgesehen. Die Studierenden der Gruppe

mit den besten Ergebnissen erhalten von ECRA (European Cold Rolled Section Association) bereitgestellte Sachpreise im Wert von € 1.000,00. Die Überreichung der Sachpreise erfolgt in einem feierlichen Rahmen. Abb. 86 zeigt die Überreichung der Sachpreise im Rahmen der 9. Fachtagung Walzprofilieren im Jahr 2014.



Abb. 86: Preisverleihung der Projektvorlesung im Rahmen der 9. Fachtagung Walzprofilieren 2014

4. Aktuelle Forschungsvorhaben und Fachartikel



4.2. Baukonstruktion

4.2.1. Entwicklung eines Ansatzes zur wirtschaftlichen Umsetzung von Schalentragwerken durch planare Fertigteile

Alexander Pick, Stefan Schäfer

Als Inspiration für das Forschungsvorhaben „Entwicklung eines Ansatzes zur wirtschaftlichen Umsetzung von Schalentragwerken durch planare Fertigteile“ dienten die schlichten und einfachen Formen der Bauten von Eladio Dieste / Uruguay. Diese zeigen, welches Spektrum abseits deutscher und europäischer Normen unter der Verwendung von schalenförmig angeordneten Ziegeln mit einer günstigen Bewehrung möglich ist. Eine wirtschaftliche Umsetzung der originalen Bauweise Diestes sehen die Autoren unter den heutigen

Gesichtspunkten hinsichtlich hoher Lohnkosten und fehlender handwerklicher Fähigkeiten kritisch, weil der manuelle Aufwand sehr hoch ist.

Der Forschungsansatz zur wirtschaftlichen Umsetzung von „Schalentragwerken“ lag in der Übertragung der Konstruktionsmethode armerter Ziegelschalen auf eine Fertigteilbauweise bei gleichzeitiger Reduzierung der Gleichteile (= gleiche Herstellung). So konnten die Potentiale der „Leichtbauweise“ Diestes mit einem relativ geringeren Materialeinsatz effizient genutzt werden.



Abb. 87: Visualisierung eines Bogens aus planaren Fertigteilen

In der Gegenüberstellung vergleichbarer Bauweisen, wie z.B. die des Stahlbetonschalensbaus, lassen sich sowohl der Schalungsaufwand als auch die Bauzeit und somit die Baukosten erheblich reduzieren.

Idee

Der Grundgedanke zur Umsetzung der Konstruktionsmethode Diestes beruht auf der Herstellung einzelner planarer, rechteckiger, armerter Zie-

gelemente, die vor Ort zu einem Schalentragwerk „zusammengesetzt“ werden. Durch die Planizität wird die Herstellung sehr einfach und kostengünstig.

Formfindung

Für den Formfindungsprozess und die spätere Detaillierung wurde zu Beginn als kleinster, maßgebender Parameter der Ziegel angesetzt. Der Einfachheit halber wurden ein

Dünnsformat - DF mit 24 x 11,5 x 5,25 cm als gängiges Ziegelformat festgelegt. Der Vorteil bei der Verwendung gängiger Ziegelformate liegt in der Anwendung des oktametrischen Maßsystems sowie in einer einfachen, lokalen Verfügbarkeit von Standardziegeln.

Als Grundlage und in Hinblick auf eine spätere Baubarkeit wurde zu Beginn ein einfaches Bogentragwerk mit den Abmessungen 20 x 5 m modelliert. Der Vorteil in der Annahme eines Bogens liegt in der Umkehrung der Kettenlinie (Stützlinie) und der damit verbundenen Kräfte im Tragwerk, in dem nur Normaldruckkräfte abgetragen werden.

In diesem Fall wäre keine Bewehrung notwendig, da es sich um eine druckbeanspruchte Konstruktion handelt. Als Folge wäre lediglich eine Anpassung des Querschnitts des Bogens an die einzelnen, vom Normalfall abweichenden Lastfälle notwendig. Da ein Hauptziel des Forschungsansatzes aber auch die Entwicklung leichter, filigraner Konstruktionen waren, wurde ein massiver Bogen von Beginn an ausgeschlossen.

Zusätzlich war aber auch die Erweiterung des Formenspektrums ein

wichtiger Aspekt, so dass der Bogen zweifachgekrümmt modelliert und die Parameter der Stützlinie in dem Formfindungsprozess ausgeblendet wurden. Die neu modifizierten Rahmenbedingungen hatten zu Folge, dass die Konstruktion einerseits Druck-, Zug- und Schubkräfte aber auch Biegemomente aufnehmen musste.

Als nächster Schritt im Formfindungsprozess wurde mittels Triangulation die gewählte Freiformfläche in ebene Dreiecke aufgelöst (Abb. 88). Dies hatte zur Folge, dass sich eine Vielzahl unerwünschter Fugen ergaben, die das „optische Bild“ der Ziegelstruktur zu stark negativ beeinflussten.

Für die finale Form des in diesem Arbeitspaket bearbeiteten Bogens wurde in einem weiteren Optimierungsschritt ein planares Rechteck-Netz mittels eines einfachen Algorithmus erzeugt (Abb. 89).

FE-Methode

Im Anschluss an den Formfindungsprozess wurde der entwickelte Bogen mittels der Finite Elemente Methode analysiert. Die vereinfachte FE-Methode gab Rückschlüsse auf die ein-

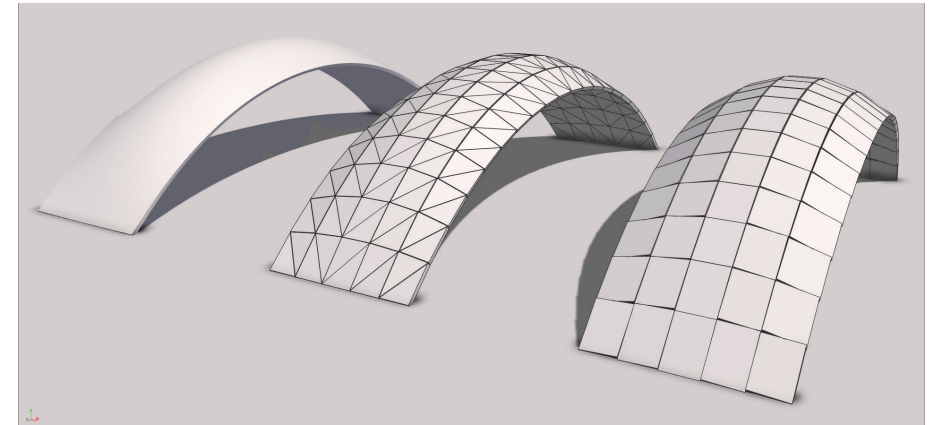


Abb. 88: Formfindungsprozess

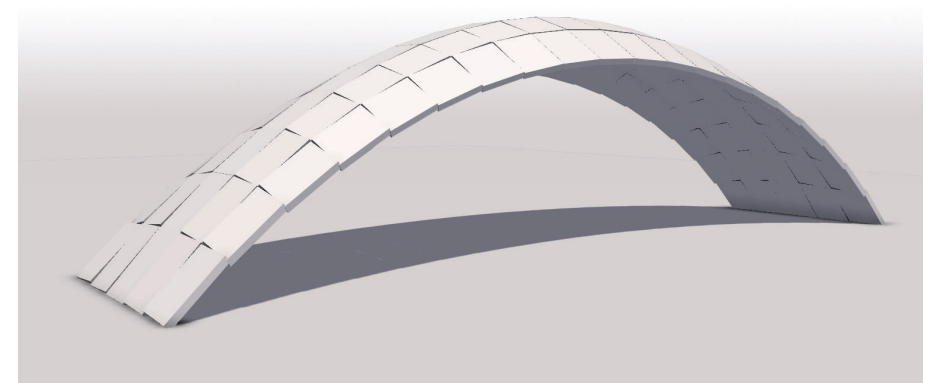


Abb. 89: Bogen aus planaren Elementen

zeln zug-, druck- und schubbeanspruchten Bereiche (Abb. 90).

Detailplanung

Für die weitere Detailierung der einzelnen Fertigteile wurden die anhand des Algorithmus berechneten Rechtecke des 3D-Modells in 2D-Daten zerlegt.

Mit Hilfe des Optimierungsprozess gelang es, den Bogen der aus insgesamt 100 Rechtecken bestand, auf lediglich 30 unterschiedlichen Elemente zu reduzieren (Abb. 91).

Durch die Vielzahl von Gleichteilen lies sich für eine spätere Fertigung der Schalungsaufwand erheblich reduzieren.

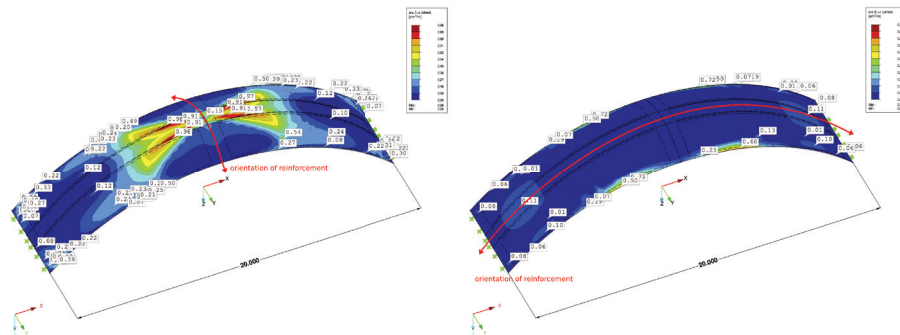


Abb. 90: FE-Methode - erforderliche obere und untere Bewehrung

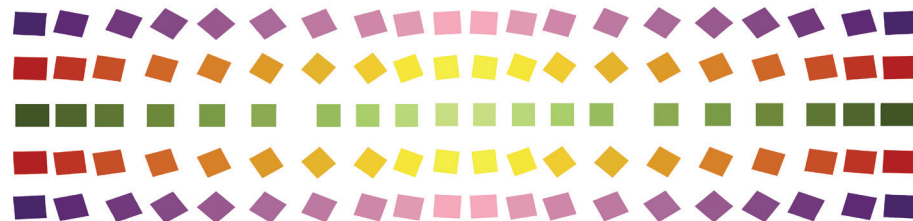


Abb. 91: Abwicklung der einzelnen planaren Elemente

In dem nächsten Bearbeitungsschritt galt es eine Lösung zu entwickeln, die in einem hohen Maß Toleranzen in der Fügung der Bauteile gewährleistet und die sich gleichwohl auch in einen „Ziegelverband“ integrieren lies. Analog zu Dieste's Bauten wurde als „Ordnungsprinzip“ der Ziegel ein Kreuzfugenraster angewandt. Dabei mussten zwar keine konventionellen Verbandsregeln eingehalten werden, dennoch war die Anordnung der Ziegel innerhalb eines Kreuzfugenrasters nicht unproblematisch. Das Fugenraster wurde so angeordnet, dass

das Fugenbild trotz der Verdrehung und dem Versatz der Fertigteile untereinander weiterläuft und die Steine einem nachvollziehbaren Bild folgen. Diese Methode wurde durch die Anordnung eines Fugenrasters über alle Bauteile hinweg sichergestellt. Lediglich in den Anschlussbereichen wurden die Steine angeschnitten und im nächsten Element weitergeführt. Das hatte zum Vorteil, dass die optische Struktur des Netzes erhalten blieb und die Ziegel, kein Bruch vorausgesetzt, weiterverwendet werden können (Abb. 92).

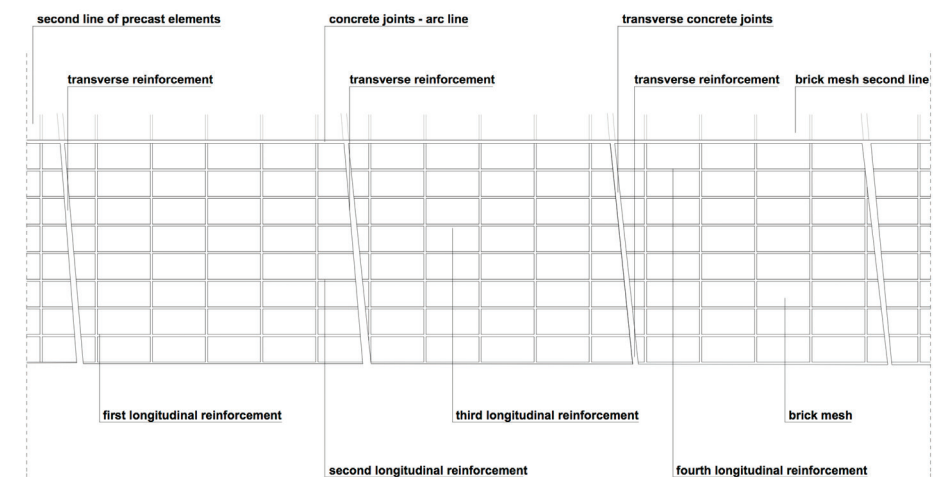


Abb. 92: Fugenraster der Fertigteile in Bogenrichtung

Um aus den einzeln generierten Rechtecken später einen zweifachgekrümmten Bogen zu erzeugen, musste eine sinnvolle Lösung zur kraftschlüssigen Verbindung entwickelt werden. Dabei wurde das sich ergebene Fugenraster der Fertigteile untereinander zur Aufnahme der Längs- und Querbewehrung genutzt (Abb. 93).

Zur nötigen Aufnahme weiterer Zugkräfte wurden in die einzelnen Fertigteilen „Taschen“ ausgebildet, die zur Aufnahme eines Übergreifungsstoßes von zwei Fertigteilen dienten (Abb. 94). Dadurch kann bereits im Werk die nötige Zugbewehrung integriert werden, die die nötigen Winkel zum Anschluss an die Nachbarbauteile aufweist.

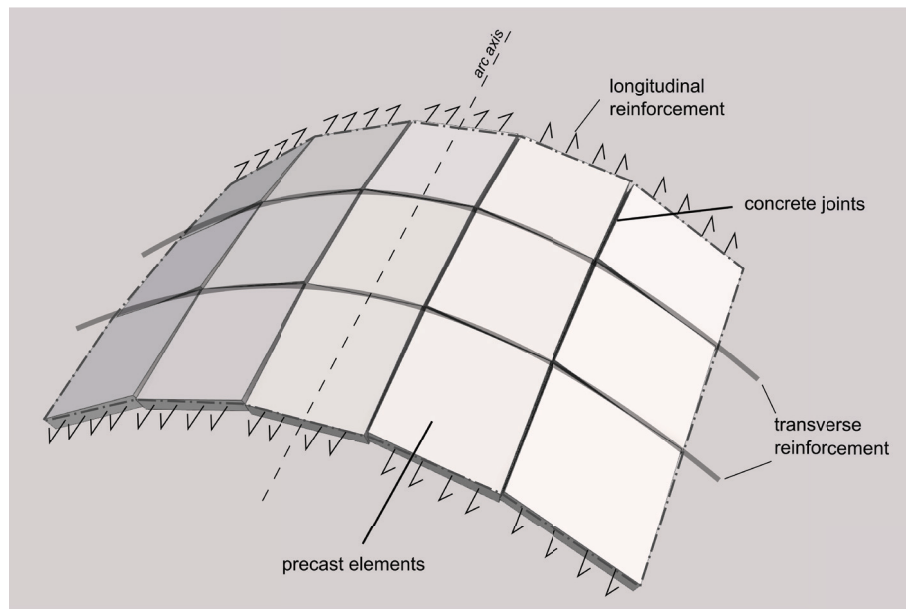


Abb. 93: Segment des Bogens mit Bewehrungsanordnung

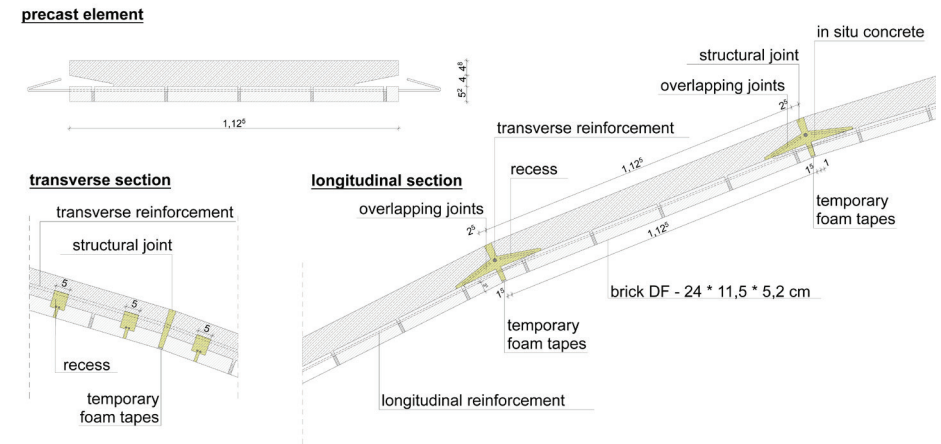


Abb. 94: Fügung der Fertigteile

Aufbau

Auf der Baustelle werden die einzelnen Fertigteile auf eine einfache Unterkonstruktion bspw. ein Lehrgerüst positioniert, welches die Krümmung des Bogens in Teilen bereits abbildet. Die Aufnahme von Zugkräften wird durch einfaches zusammenstecken der Bewehrungen in Bogen-

richtung durch einen Übergreifungsstoß in den vorgesehenen Taschen gewährleistet. Im Anschluss können die einzelnen Querbewehrungen im Stoßbereich der Fertigteile als Stabbewehrung eingesetzt werden. Zur kraftschlüssigen Verbindung müssen zum Ende die Fugen und Taschen mit einem Hochleistungs beton vergossen werden (Abb. 95).

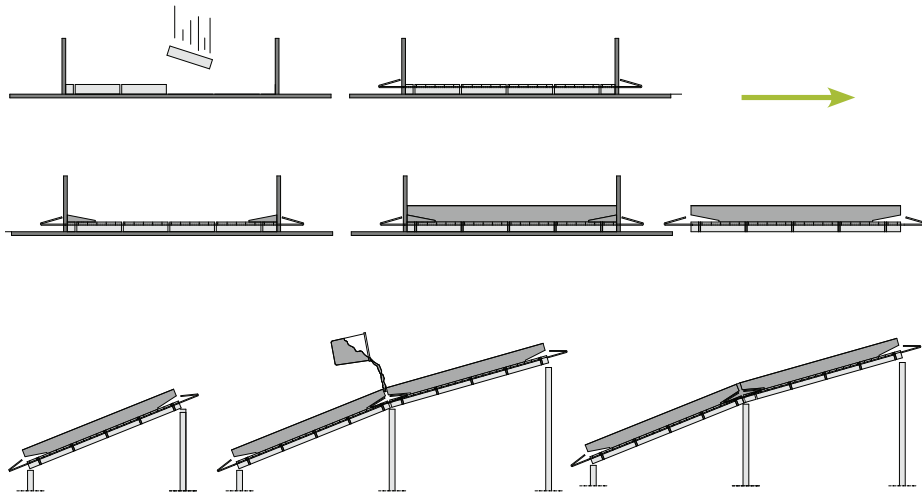


Abb. 95: Schema - Produktion und örtlicher Aufbau

Fazit

In diesem ersten Schritt des Forschungsansatzes kann der Nachweis erbracht werden, dass sich mehrfach gekrümmte Konstruktionen durch planare Ziegelfertigteile herstellen lassen. Das Problem bei der angewandten Methode liegt aber in den sich ergebenden Schnittpunkten der einzelnen, benachbarten Bauteile. Je nach Grad der Krümmung ergab sich

ein unterschiedlicher Versatz zum benachbarten Bauteil. Zusätzlich ist bei dieser Methode die Krümmung nicht beliebig wählbar, da sich sonst zu starke Achs-Abweichungen ergaben, die die Anordnung und die Fügung der einzelnen Bauteile erschweren bzw. verhindern (Abb. 96).

Diese Fragstellungen werden in der zukünftigen Weiterbearbeitung des Forschungsansatzes untersucht [7].

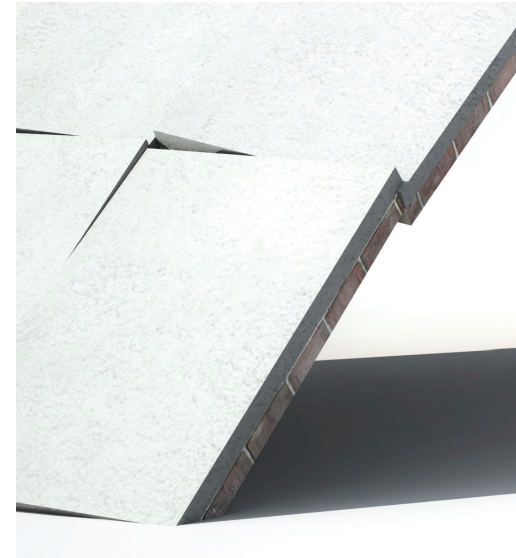
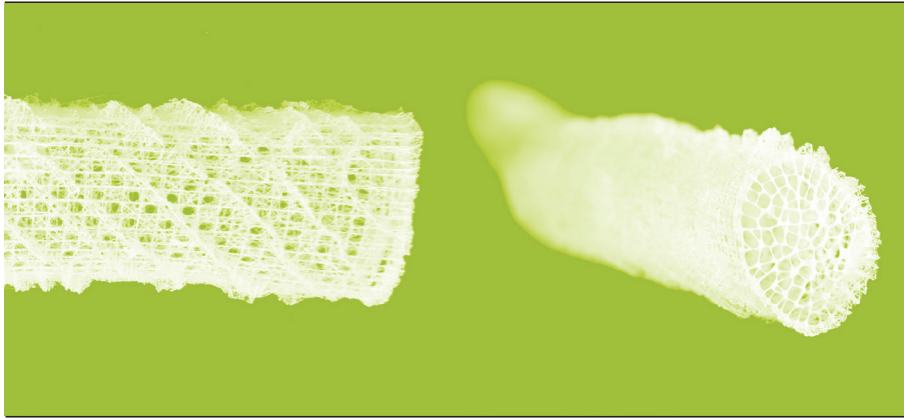


Abb. 96: Detailausschnitt und Fügepunkt der planaren Fertigteile



4.3. Bionik im Bauwesen

Bionik ist eine Wortkreation aus Biologie und Technik. Die interdisziplinäre Wissenschaft macht sich die im Zuge der Evolution über Jahrtausende optimierten Konstrukte der Natur, wie Insektenflügel, Blattstrukturen, Oberflächen u.v.a.m. zunutze.

Welche Rolle kann die Bionik im Bauwesen übernehmen? Einfache Fragestellungen bekommen durch einfache kausale Veränderungen eine vollkommen neue Dimension. So birgt beispielsweise die Frage nach dem Leichtbau im Bauwesen zum Einen die Suche nach dem Wo und zum Anderen nach dem Wie. Primär sehen wir darin eine gewisse elitäre Geisteshaltung, die in der Natur faktisch evolutionsbedingt und in jedem Fall optimiert ist. Dort gibt es keine gestalterisch willkürlichen

Zwänge. Im Rahmen unserer Aufgabenstellungen versuchen wir, diese willkürlichen Zwänge auszublenden und das jeweilige Optimum herauszuarbeiten. Wir laden Sie ein, daran teilzunehmen. Die unterschiedlichen Fragestellungen werden dabei in den einzelnen Lehrveranstaltungen (GPEK, Baukonstruktionen, Konstruktives Gestalten, Sonderfragen Baukonstruktion) anhand der jeweiligen Aufgabenstellungen betreut.

4.3.1. Strukturbionik am Beispiel von Schmetterlingseiern – Teil I: Biologische Grundlagen

Adrian Zimmermann, Stefan Schäfer

Als Folge der fortschreitenden Automatisierung von Fertigungsprozessen verlagern sich wirtschaftliche Optimierungspotentiale zunehmend von einer Reduzierung des Produktionsaufwands auf Einsparungen im Materialbereich. Parametrisch basierte Technologien wie innovative Spalt-biege-, Tiefzieh- und 3D-Plott-Verfahren werden diesen Trend zukünftig verstärken. Gleichzeitig erweitern sie die Grenzen der Formgebung und eröffnen neue Optionen zur Umsetzung leichter und ästhetisch anspruchsvoller Tragwerke. Da der Materialbedarf im Bausektor am größten ist, sind insbesondere dort visionäre Leichtbaulösungen von Interesse.

Zahlreiche Ideen liefern diesbezüglich evolutionär hervorgebrachte, organische Tragstrukturen. Viele solcher Strukturen sind aus evolutionsökonomischen Gründen dazu ausgelegt, innerhalb funktionaler und morphogenetischer Rahmenbedingungen eine maximale mechanische Tragfähigkeit bei einem mini-

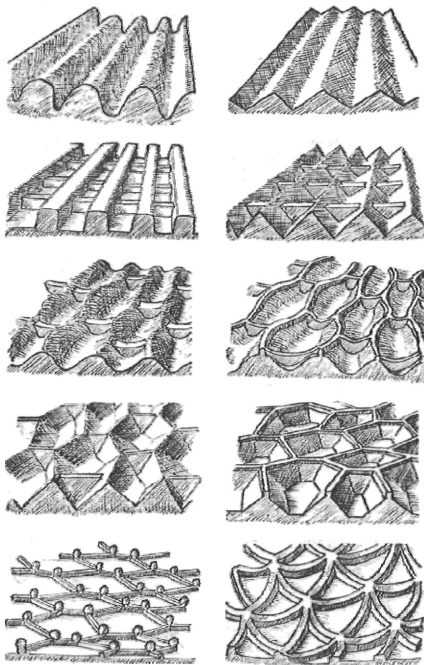
malen Materialeinsatz zu erzielen. Beispiele hierfür sind die Strukturen im Inneren von Vogelknochen und Stengelquerschnitte von Schachtelhalmen. Die bereits seit Jahrzehnten bewährte und inzwischen in den VDI-Richtlinien 6220 bis 6226 definierte wissenschaftliche Methodik *Bionik* befasst sich mit der Übertragung biologischer Lösungen auf technische Anwendungen. Dazu können einerseits biologische Lösungen zur Anregung innovativer technischer Anwendungen dienen (Biology Push) und andererseits Lösungen für vorhandene technische Problemstellungen aus der Biologie entlehnt werden (Technology Pull).

Als biologische Ideengeber für eine Anwendungsentwicklung nach dem Biology-Push-Prinzip werden bei KGBauko aktuell erstmals Schmetterlingseier betrachtet. Derzeit sind weltweit etwa 160.000 Schmetterlingsarten erfasst,¹ von denen jede Art durch Eier mit einer individuellen Morphologie gekennzeichnet ist.²

¹ Nieukerken et al., 2011:388 [17]

² Kambyssellis, 1993:438 [13]

Dabei variieren die Formen der Eier von kugelförmig über zylindrisch bis kegelförmig, während die Oberflächenstrukturen der Eischalen sehr unterschiedlich stark ausgeprägt sind und verschiedenste Muster und Profile aufweisen.³ Oftmals werden sie durch ein-, zwei- oder dreiaxig orientierte Rippen verstärkt und erinnern mitunter an konventionelle Bauteile wie Profilbleche. Andere Eier weisen hexagonale oder sternförmige Oberflächenstrukturen auf.



Diese Formenvielfalt ist unter Insekteneiern einzigartig und drängt eine Analyse bionischer Potentiale geradezu auf.

Anatomie der Eihülle

Markante, klar voneinander abgrenzbare Regionen in der Anatomie der Eihülle sind bei Schmetterlingseiern der Eiboden, der Mikropylarbecher und die Eiflanken.

Der Eiboden ist ein pergamentartiger, strukturarmer Bereich der Eihülle, welcher zur Befestigung an einer artspezifischen Wirtspflanze oder an anderen Eiern dient.⁴ Als Zugang für Spermatozoen ist die Eihülle von in der Regel vier und manchmal auch mehr Öffnungen durchbrochen. Diese sogenannten Mikropylen befinden sich in Vertiefungen an den Eipolen.⁵ Bei Schmetterlingseiern sind diese Mikropylarbecher von rosettenartigen Strukturen geprägt, die nach Döring⁶ die Funktion eines „Schutzgerüsts“ haben und daher zukünftig auch für bionische Betrachtungen interessant sein könnten.

- 3 s. bspw. Döring, 1955:19 [8]
- 4 Döring, 1955:19 [8]
- 5 Hinton, 1981:718 [11]
- 6 Döring, 1955:11 [8]

Abb. 97: Grobstrukturen der Hüllen von Schmetterlingseiern nach Döring [8]

Die vorliegende Arbeit fokussiert auf die Eiflanken. Als Eiflanke wird allgemein die Hülle eines Eies abzüglich des Eibodens und des Mikropylarbeckers bezeichnet. Eiflanken dienen dem Schutz des Embryos vor Umwelteinflüssen wie Temperaturschwankungen, mechanischem Druck und Proteasen sowie Bakterien und Viren.⁷ Zudem begrenzen sie den Wasserverlust, während sie gleichzeitig die nötige Luftzufuhr gewährleisten.⁸ Um sich dem Wachstum des Embryos anpassen zu können, sind die Eiflanken vieler Arten elastisch oder plastisch dehnbar.⁹

Der Schichtenaufbau der Eiflanken weist entsprechend seiner variablen Funktionen einen hochgradig komplexen Aufbau auf. Die innerste Schicht bildet eine dünne, strukturelose Vitellinmembran. Ihre Funktion besteht vermutlich darin, dem Ei Zusammenhalt zu geben und ihm seine Form zu verleihen.¹⁰ Darauf folgt

das Endochorion, welches aus einer dünnen inneren und einer dicken äußeren Schicht besteht. Diese beiden Schichten sind über radial orientierte Stützen miteinander verbunden.¹¹ Das äußere Endochorion ist ursächlich für die Strukturierung der Oberfläche und dient vermutlich einer Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Eihülle gegen mechanische Beanspruchungen.¹² Die äußerste Schicht bildet das mehrlagige, blättereartige Exochorion.¹³

Morphogenese der Oberflächenstrukturen

Die Morphogenese der Oberflächenstrukturen findet im Eierstock des Weibchens statt. Stein¹⁴ nimmt an, dass das Chorion aus einer Lage plattgedrückter, ineinander geschober und miteinander verwachsener Zellen besteht. Entgegen dieser Auffassung begründet Leydig¹⁵ die bis heute gültige Lehrmeinung, dass

- 7 Kafatos et al., 1977; Kambysellis, 1993:418; Skudlik, 2005:25 [12][13][18]
- 8 Furneaux & Mackay, 1976:158; Skudlik, 2005: 25 [9][18]
- 9 Furneaux & Mackay, 1976:158 [9]
- 10 Furneaux & Mackay, 1976 [9]
- 11 Hinton, 1981:714–716; Skudlik et al., 2005:26 f. [11][18]
- 12 Hinton, 1981:714–716; Kambysellis, 1993: 443; Skudlik et al., 2005:26 f. [11][13][18]
- 13 Hinton, 1981:714–716 [11]
- 14 Stein, 1847 [19]
- 15 Leydig, 1857 [15]

es sich bei den Oberflächenstrukturen um Abdrücke der Epithelzellen handelt, welche das Chorion absondern.¹⁶ Bestätigt wird diese Hypothese erstmals durch die Beobachtungen Korschelts¹⁷ am Beispiel von *Vanessa polychloros* (Linnaeus, 1758).

Heute ist weiterhin bekannt, dass die Follikelabdrücke entweder durch eine Verstärkung des äußeren Endochorions oder durch Addition eines neuen proteinhaltigen Stoffes auf die Oberfläche des äußeren Endochorions entstehen.¹⁸ Die Oberflächenmorphologie der Eihüllen ähnelt daher den Abdrücken pneumatischer Strukturen. Besonders prägnant ist dies bei hexagonalen Anordnungen der Rippen.

Typisierung der exogenen Morphologie

Die Oberflächenstrukturen von Schmetterlingseiern können auf Grundlage einer visuellen Sichtung von Fotografien und Skizzen klassifiziert werden. Dazu liegen zahlreiche Quellen vor, die zumeist einzelne

Arten oder Gattungen darstellen. Die mit 2645 Skizzen umfangreichste Sammlung ist die Buchpublikation *Zur Morphologie der Schmetterlingseier* von Ewald Döring (1955). Außerdem haben sich Internetforen mit Fotografien wie insbesondere www.lepi-forum.de als ergiebige Quellen erwiesen.

Grundsätzlich lassen sich die Rippenanordnungen demnach einteilen in

- (i) strukturlos,
- (ii) einachsig,
- (iii) zweiachsig (durchgehend),
- (iv) zweiachsig (versetzt),
- (v) dreiachsig,
- (vi) hexagonal und
- (vii) unregelmäßig.

Davon sind die Typen (ii) bis (vi) für eine bionische Betrachtung relevant. Deren Querschnitte sind wiederum

- (i) gewellt (ohne Höcker),
- (ii) gewellt (mit Höckern),
- (iii) gezackt (ohne Höcker),
- (iv) gezackt (mit Höckern) oder
- (v) gerippt.

16 vgl. Döring, 1955:11; Kafatos et al., 1977; Margaritis et al., 1980; Kambyzellis, 1993:418; Skudlik, 2005:28 [8][12][16][13][18]

17 Korschelts, 1887

18 Kambyzellis, 1993:443; Häuser et al., 1993:249 [13]

Hieraus ergeben sich 25 relevante Kombinationen von Rippenanordnungen und -querschnitten.

Weiterhin können die Eiformen grob eingeteilt werden in rotationssymmetrische Körper wie

- (i) Kugel,
- (ii) Kugelsegment,
- (iii) Ellipsoid,
- (iv) Ellipsoidsegment,
- (v) Spindel,
- (vi) Zylinder und
- (vii) Kegelstumpf.

Fazit

Die vielseitigen Strukturen auf den Hüllen von Schmetterlingseiern liefern neue Ideen für den Leichtbau. Zahlreiche Studien äußern die Vermutung, dass diese Strukturen zu einer Erhöhung des mechanischen Widerstands dienen. Ein bei KGBauko entworfenes evolutionäres Modell untermauert diese These, zeigt jedoch auch, dass die Formgebung neben der Masse und der Tragfähigkeit auf weiteren Parametern basiert. Um die bisherigen Thesen zu überprüfen, sollte zukünftig die Geometrie von Eiern diverser Schmetterlingsarten präzise vermessen, in CAD abgebildet und mit FEM-Software analysiert werden.

In diesem Zusammenhang ist es auch erforderlich, artenspezifische mechanische Beanspruchungen zu ermitteln und zu implementieren. Anschließend könnten unterschiedliche Geometrien für jeweils eine Belastungssituation hinsichtlich ihrer Verformungen analysiert werden. Falls die in der Natur vorhandenen Geometrien optimal auf die entsprechenden Belastungssituationen abgestimmt sein sollten, wäre die These eines optimierten Tragfähigkeit-Masse-Verhältnisses bei Schmetterlingseiern bestätigt.



4.4. Bauen im Bestand

4.4.1. Kurzvorstellung des Forschungsprojektes Feuchtigkeitsbedingte Wärmeverluste

Robert Burgaß, Stefan Schäfer

Laut dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung - DIW wurden im Jahr 2012 mehr als 70 % der Wohnungsbauleistungen im Bestand erbracht.¹⁹ Unter Berücksichtigung der ambitionierten Klimaschutzziele der Bundesregierung und den damit verbundenen energetischen Anforderungen ist davon auszugehen, dass der jährliche Umfang an Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen auch zukünftig noch steigen wird.

Baurechtlich ausgenommen von dieser Entwicklung sind lediglich Baudenkmäler und besonders erhaltenswerte Bausubstanz, deren Erscheinungsbild nicht beeinträchtigt werden darf.²⁰ Dennoch können sich diese Bauwerke den heutigen energetischen Anforderungen und den Fragen zur Energieeffizienz nicht gänzlich entziehen. Im Gegenteil, für den Erhalt jeder besonders schützenswerter Bausubstanz sind eine dauerhafte Nutzung und die damit verbundene Pflege unabdingbar.

Dies bedeutet, dass denkmalgeschützte Wohngebäude trotz steigender Energiekosten auch zukünftig mit vertretbarem finanziellem Aufwand betrieben werden müssen. Um dies umzusetzen, ist die Suche nach neuen Ertüchtigungskonzepten, die zu einer Verbesserung des Wärmeschutzes führen, ohne die architektonische Botschaft der Bausubstanz zu beeinflussen, eine wichtige Aufgabe für die aktuelle Forschung im Bereich „Bauen im Bestand“.

Werden heute Ertüchtigungsmaßnahmen durchgeführt, so kommen bei Außenwänden in der Regel klassische Systeme mit einer nachträglichen Wärmedämmung zum Einsatz.

Jedoch sind Außen- und Innendämmungen nur selten kompatibel mit Stuckaturen oder Verkleidungen auf den Oberflächen von Umfassungswänden. Mit den resultierenden baukonstruktiven / bauphysikalischen Problemen kommt es daher häufig zu einem unwiederbringlichen Verlust von historischer Substanz und deren geschichtlichem Zeugnis.

¹⁹ GORNING 2013, S. 5 [22]

²⁰ ENEV 2014, §24 [24]

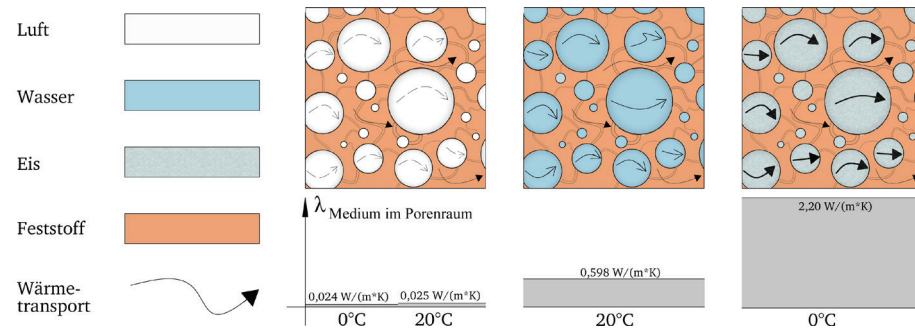


Abb. 98: Zunahme des Wärmetransports in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur

Alternative Lösungsansätze, wie die Reduzierung feuchtigkeitsbedingter Wärmeverluste, finden bei Ertüchtigungsmaßnahmen in der Regel keine Beachtung, obwohl die Thematik viel Potential zur Energieeinsparung mit sich bringt.

Dies zeigt sich bereits anhand der Wärmeleitfähigkeit von Wasser, die je nach Aggregatzustand 23- bis 90-fach höher ist, als von Luft. Wird z. B. durch Schlagregeneinwirkung auf Außenwände die in Ziegeln enthal-

tene Porenluft durch Wasser verdrängt, so führt dies automatisch zu einer signifikanten Änderung der *effektiven Wärmeleitfähigkeit*²¹ des Materials (siehe Abb. 98).

Eine besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang der Porendiffusion zu. Dabei handelt es sich um einen Energietransport, der im Porenraum eines Stoffes durch Feuchtigkeitsbewegungen mit Enthalpieänderung hervorgerufen wird und bereits bei geringer Material-

21 Die Wärmeleitfähigkeit poröser Stoffe wird laut CAMMERER als effektive Wärmeleitfähigkeit bezeichnet, da sich diese aus der Summe nachfolgender Einzelanteile zusammensetzt: Wärmeleitung im Feststoffgerüst, Wärmeleitung in den gasgefüllten Porenräumen, Strahlungsaustausch zwischen den Porenwandungen und Konvektion innerhalb der Poren. [21]

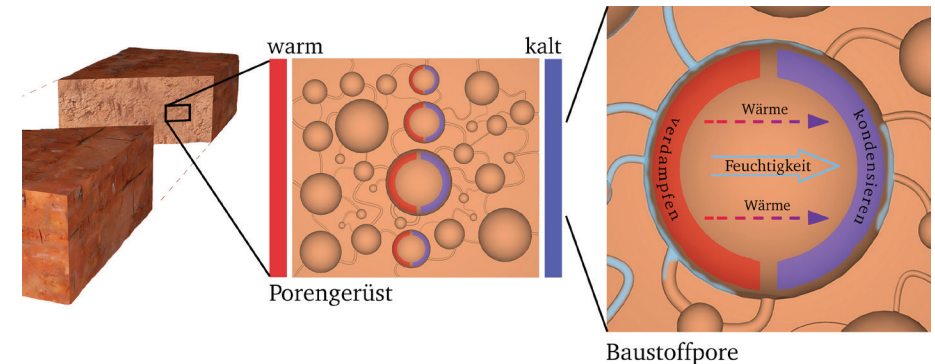


Abb. 99: Schematische Darstellung der Porendiffusion

feuchte die *äquivalente Wärmeleitfähigkeit*²² der Porenluft erheblich vergrößert (siehe Abb. 99).

Verdeutlichen lässt sich der Einfluss von Feuchtigkeit auf die Wärmeleitfähigkeit bereits anhand von einfachen Versuchen. So weist ein Ziegel mit einer Rohdichte von 1.556 kg/m³ bei einer Mitteltemperatur von 10 °C und einem volumenbezogenen Feuchtegehalt von 0% eine Wärmeleitfähigkeit von 0,463 W/(m·K) auf. Steigt der Feuchtigkeitsgehalt

auf 40% an, so geht dies mit einer Veränderung der Wärmeleitfähigkeit auf ca. 1,20 W/(m·K) einher.²³ Dies entspricht einer Reduktion der Wärmedämmeigenschaften um ca. 61%!

Bei Temperaturen unterhalb von 0 °C ist zusätzlich mit einer sprunghaften Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit zu rechnen. Dies zeigten Versuche, bei denen Ziegel mit einer Rohdichte von 1.880 kg/m³ und 30 % volumenbezogenen Feuchte von 10 °C auf -10 °C abgekühlt wurden.

22 Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit fasst laut CAMMERER die Wärmetransportvorgänge „molekulare Wärmeleitfähigkeit der Porenluft“ und „Wärmestrahlung zwischen den Porenwandungen“ durch einen Wärmeleitungsvorgang in einem homogenen Ersatzstoff zusammen. [21]

23 ACHTZIGER 1984, S. 161 - 163 [20]

Die Wärmeleitfähigkeit stieg indes- sen Folge von ca. $1,35 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ auf ca. $1,80 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ an.²⁴ Das ent- spricht einer temperaturbedingten Reduktion der Dämmeigenschaften um ca. 25%!

Die kombinierte Betrachtung der beiden geschilderten Versuche zeigt die Relevanz von Feuchtigkeit und Temperatur für das Bauen im histori- schen Gebäudebestand. Gerade hier liegen häufig Wandkonstruktionen vor, die durch einen mangelhaften Feuchteschutz und starke Tempera- turschwankungen gekennzeichnet sind. Die Reduzierung der Feuchte- und Temperaturbeanspruchungen von Umfassungswänden würde so- mit die realistische Chance mit sich bringen, auch ohne Wärmedämm- stoffe, eine effiziente energetische Modernisierung durchführen zu können.

Mit dieser Herausforderung befasst sich das Forschungsprojekt „*Quantifi- zierung und Reduzierung von Feuch- tigkeitsbedingten Wärmeverlusten im denkmalgeschützten Gebäudebe- stand*“, das durch die *Forschungsin- itiative Zukunft Bau* gefördert und durch das *Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion* bear- beitet wird.

Zielsetzung ist es:

1. Die Wechselbeziehungen zwi- schen feuchtigkeitsbelasteten Ziegel- mauerwerk und Wärmeverlusten zu untersuchen.
2. Feuchtigkeitsbedingte Änderun- gen der Wärmedämmeigenschaften von Ziegeln bzw. Ziegelmauerwerk zu quantifizieren.
3. Denkmalgerechte Ertüchtigungs- maßnahmen auszuarbeiten, die zu einer Reduzierung feuchtigkeitsbe- dingter Wärmeverluste führen.

Zum Erreichen dieser Ziele kommen 2 grundsätzlich verschiedene Unter- suchungskonzepte zur Anwendung. Im Rahmen des 1. Untersuchungs- konzeptes werden 5 Versuchsgebäu- de gemeinsam mit einem externen Industriepartner errichtet und mit- tels Wärme- und Feuchtemonitoring für 2 Winterperioden überwacht. Un- terschiedliche Wandaufbauten, aber auch die künstliche Beregnung eines Versuchsgebäudes, sollen berück- sichtigt werden (siehe Abb. 100).

24 KRISCHER 1978, S. 280 [23]



Abb. 100: Versuchsgebäude mit Beregnungsanlage

Parallel dazu erfolgen mit dem 2. Untersuchungskonzept hygrother- mische Simulationsberechnungen für alle realisierten Wandkonstruk- tionen. Darauf aufbauend soll mit dem Monatsbilanzverfahren und der dynamisch hygrothermischen Ge- bäudesimulation bestimmt werden, welchen Einfluss die Mauerwerks- feuchtigkeit auf die Energiebilanz der jeweiligen Versuchsgebäude hat. Auf Grundlage der Auswertung von Mess- und Berechnungsergebnissen werden abschließend Handlungs-

empfehlungen zur energetischen Ertüchtigung mittels feuchtigkeitsre- duzierender Maßnahmen erarbeitet.

In der Summe ist es mit den Ergebnis- sen beider Untersuchungskonzepte möglich, Wärmeschutzmaßnahmen für bauphysikalisch und denkmal- pflegerisch sensible Bausubstanz aufzuzeigen, die den gestalterischen Reichtum von Außenwandoberflä- chen in ihrer ganzen Authentizität erhalten.

5. Anhang



Abb. 101: Tuschenzeichnung und Aquarellavierung

5.1. Ausblick 2016

Mit dem neuen Namen „Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion“ gehen wir nun also in die Zukunft. Der Name verpflichtet uns, auch in den bevorstehenden Semestern unsere Projekte und Aufgaben auf höchstem Niveau zu erfüllen und junge Studierende an die komplexen Aufgaben des Bauwesens heranzuführen.

5. Anhang

In den zurückliegenden Semestern sind die Teilnehmerzahlen in unseren Lehrveranstaltungen stetig gestiegen. Es deutet alles darauf hin, dass dies vorerst so bleiben wird. Da wir darin auch eine Bestätigung für die Qualität unserer Lehre sehen, streben wir an, die Teilnehmerzahlen hoch zu halten – auch wenn die Zahl konkurrierende Veranstaltungen groß ist. Wir werden dabei auch einen besonderen Fokus auf die Nutzung neuer Medien und nützlicher Learning Management Systeme legen. Wir erhoffen uns davon eine höhere Effizienz, eine höhere Aktualität und eine höhere Erreichbarkeit.

Ohne Frage werden wir auch anstreben, weitere, neue Forschungsthemen zu akquirieren, die mit unserem wissenschaftlichen Profil und unseren Lehrinhalten im Einklang stehen. Wir wollen damit unsere nationale und internationale Sichtbarkeit in den interessanten Themenfeldern des konstruktiven Bauens weiter erhöhen und neue Kooperationen knüpfen.

Es bleibt also weiterhin spannend – und wir freuen uns darauf!

5.2. Danksagungen

Für die zurückliegenden Semester bedanken wir uns bei allen Lehrbeauftragten, sämtlichen Kolleginnen und Kollegen in allen Bereichen der Zusammenarbeit, unseren Freunden sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von KGBauko. Wir danken recht herzlich für die stets angenehme Zusammenarbeit, für die hilfreiche Unterstützung unseres Institutes, jede gute Idee und die stete Begleitung auf unserem Weg zu neuen Zielen.

Nicht zuletzt gilt unser Dank der TU Darmstadt, die uns die Möglichkeit bietet, immer spannender und anspruchsvoller Arbeit nachzugehen. Unser besonderer Dank gilt auch der Virginia Tech in Blacksburg, USA, der VGU in Ho Chi Minh City in Vietnam und der SUTD in Singapur für die große Chance internationaler Präsenz.

Im Namen aller Mitarbeiter/-innen von KGBauko

Prof. Stefan Schäfer

Schäfer

Herbert, Jens: **„Generierung von Entscheidungshilfen für energetische Wohngebäudestandards“**, Dissertation, Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion; Prüfer: Schäfer, Prof. Stefan; Schneider, Prof. Jens; 31. Januar 2014

Stefan Schäfer : **„KGBauko aktuell“**, Januar 2014, ISSN: 2195 – 9080

Robert Burgaß; Stefan Schäfer: **„Einflussgrößen auf die Wärmeleitfähigkeit von porösen Baustoffen“** in „KGBauko aktuell“, Januar 2014, ISSN: 2195 – 9080

Stefan Schäfer, Jakob Reising: **„Flächentragwerke aus flexibel spaltprofilierten Blechbauteilen“**, Herausgeber: Dr.-Ing. Dirn Jesse, Berlin; In: Bautechnik – Fachzeitschrift für Entwurf und Konstruktion, Berechnung und Ausführung, Brücken- und Verkehrsbau, Ingenieurhoch-, Holz-, und Mauerwerksbau, Grundbau, Wasserbau Bauwerkserhaltung und Baukultur, 92. Jahrgang, April 2015, Heft 4, Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaft GmbH & Co.KG, S. 259-263; ISSN 0932-8351

Stefan Schäfer, Irene Root: **„KGBauko Exkursion FHZ“**, Oktober 2014

Alexander Pick, Stefan Schäfer: **„Freeform Precast Reinforced Brick Shells“**, Konferenzbeitrag für Advanced Building Skins in Graz, E-Book: Advanced Building Skins, Proceedings of the International Conference on Building Envelope Design and Technology; Herausgeber: Prof. Dr. Oliver Englhardt, Verlag der Technischen Universität Graz, 2015, ISBN: 978-3-85125-397-9

Jakob Reising, Stefan Schäfer: **„Freeform Shells Made Of Sheet Metal Profiles“**, Konferenzbeitrag für Advanced Building Skins in Graz; E-Book: Advanced Building Skins, Proceedings of the International Conference on Building Envelope Design and Technology; Herausgeber: Prof. Dr. Oliver Englhardt; Verlag der Technischen Universität Graz, 2015; ISBN: 978-3-85125-397-9

Jakob Reising, Stefan Schäfer: **„Flächentragwerke aus flexibel spaltprofilierten Blechbauteilen“**, In Zeitschrift: Bautechnik; Herausgeber: D.-Ing. Dirk Jesse; Verlag: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaft GmbH & Co. KG; April 2015, Heft 4; Berlin; 2015; ISSN: 0932-8351

- [1] <http://www.sfb666.de>
- [2] <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Gesamtwirtschaft/Umwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/TabellenAbfallbilanzKurzuebersicht.html>, zuletzt geprüft am 27.10.2015
- [3] Stefan Schäfer, Scholeh Abedini, Peter Groche, Frederic Bäcker, Christian Ludwig, Eberhard Abele, Behzad Jalizi, Clemens Müller, Vanessa Kaune: **„Verbindungstechniken durch die Technologie des SFB 666“**, Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. K Zilch, München; In: Der Bauingenieur, Heft 01/2013, Springer VDI Verlag, ISSN: ISSN 0005-6650
- [4] Jakob Reising, Stefan Schäfer: **„Flächentragwerke aus flexibel spaltprofilierten Blechbauteilen“**, Herausgeber: Dr.-Ing. Dirn Jesse, Berlin; In: Bautechnik – Fachzeitschrift für Entwurf und Konstruktion, Berechnung und Ausführung, Brücken- und Verkehrsbau, Ingenieurhoch-, Holz-, und Mauerwerksbau, Grundbau, Wasserbau Bauwerkserhaltung und Baukultur, 92. Jahrgang, April 2015, Heft 4, Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaft GmbH & Co.KG, ISSN 0932-8351, S. 259-263
- [5] Vgl.: I. Karin , J. Reising: **„Der hochbeanspruchte Wälzkontakt – Am Beispiel der spaltprofilierten Laufflächen eines Fassadenreinigers“**. In 9. Fachtagung Walzprofilieren & 5. Zwischenkolloquium des SFB 666
- [6] Vgl.: V. Monnerjahn, N. Heinzmann, et al.: **„Herstellung multifunktionaler Profile und Profilverbindungen durch umformen- und spanende Prozesse“**. In Tagungsband 5. Zwischenkolloquium des Sonderforschungsbereichs 666, Bamberg 2014, S 67 ff.
- [7] Pick, Alexander; Schäfer, Stefan: **Freeform Precast Reinforced Brick Shells**. In: Konferenzbeitrag, AdvancedBuilding Skins Conference, Graz 2015

- [8] Döring, E. (1955): „Zur Morphologie der Schmetterlingseier“. Akademischer Verlag, Berlin.
- [9] Furneaux, P. J. S.; Mackay, A. L. (1976): „The Composition, Structure and Formation of the Chorion and the Vitellin Membrane of the Insect Eggshell“. Elsevier, 157–176.
- [10] Häuser, Chr. L.; Naumann, C.M.; Kreuzberg, A. V.-A. (1993): „Zur taxonomischen und phylogenetischen Bedeutung der Feinstruktur der Eischale der Parnassiinae (Lepidoptera: Papilionidae)“. In: Zoologische Mededelingen. S. 239–264.
- [11] Hinton, H. E. (1981): „Biology of Insect Eggs“. Pergamon Press, Oxford.
- [12] Kafatos, F. C.; Regier, J.C.; Mazur, G. D.; Nadel, M.R.; Blau, H. M.; Petri, W. H.; Gelinas, R. E.; Moore, P. B.; Paul, M.; Efstradiadis, A.; Vournakis, J.; Goldsmith, M. R.; Hunsley, J. B.; Baker, N.; Nardi, J.; Koehler, M. (1977): „The eggshell of insects: differentiation – specific proteins and the control of their synthesis and accumulation during development“. In: Results and Problems in Cell Differentiation. W. Beermann (Hrsg.), Bd. 8:45–145, Springer, Berlin.
- [13] Kambyzellis, M. P. (1993): „Ultrastructural Diversity in the Egg Chorion of Hawaiian *Drosophila* and *Scaptomyza*: Ecological and Phylogenetic Considerations“. In: International Insect Morphology & Embryology. 22/2–4:417–446.
- [14] Korschelt, Eugen (1887): „Bildung der Eihüllen, der Mikropylen und Chorionanhänge bei den Insekten“. Habilitationsschrift, Halle.
- [15] Leydig, Franz von (1857): „Lehrbuch der Histologie der Menschen und der Tiere“. Meidinger, Frankfurt a. M..
- [16] Margaritis, L. H.; Kafatos, F. C.; Petri, W. H. (1980): „The eggshell of *Drosophila melanogaster*“. I. Fine structure of the layers and regions of the wildtype egg-shell. In: Journal of Cell Science. 43:1–35.

- [17] Nieukerken, E. J. van; Kaila, L.; Kitching, I. J.; Kristensen, N. P.; Lees, D. C.; Minet, J.; Mitter, Ch.; Mutanen, M.; Regier, J. C.; Simonsen, Th. J.; Wahlberg, N.; Yen, S.-H.; Zahren, R.; Adamski, D.; Baixeras, J.; Bartsch, D.; Bengtsson, B. Å.; Brown, J. W.; Bucheli, S. R.; Davis, D. R.; De Prins, J.; De Prins, W.; Epstein, M. E.; Gentili-Poole, P.; Gielis, C.; Hättenschwiler, P.; Hausmann, A.; Holloway, J. D.; Kallies, A.; Karsholt, O.; Kawahara, A. Y.; Koster, S. (J.C.); Kozlov, M. V.; Lafontaine, J. D.; Lamas, G.; Landry, J.F.; Lee, S.; Nuss, M.; Park, K.-T.; Penz, C.; Rota, J.; Schintlmeister, A.; Schmidt, B. Chr.; Sohn, J.-C.; Solis, M. A.; Tarmann, G. M.; Warren, A. D.; Weller, S.; Yakovlev, R. V.; Zolotuhin, V. V.; Zwick, A. (2011): „Order Lepidoptera Linnaeus“, 1758. In: Zhang, Z.-Q. (Editor) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa 3148:212–221.
- [18] Skudlik, J.; Poprawa, I.; Rost, M. M. (2005): „The Egg Capsule of *Spodoptera exiqua* Hübner“, 1808 (Insecta, Lepidoptera, Noctuidae): Morphology and Ultrastructure. In: Zoologica Poloniae. 50/1-4:25–31.
- [19] Stein, F. R. v. (1847): „Vergleichende Anatomie und Physiologie der Insekten in Monographien bearbeitet von Friedrich Stein. 1. Monographie. Die weiblichen Geschlechtsorgane der Käfer“. Duncker und Humblot, Berlin.
- [20] ACHTZIGER, Joachim / CAMMERER, Joseph: Einfluß des Feuchtegehaltes auf die Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen. Bericht zum Forschungsvorhaben Nr. BI 5 - 80 01 83 - 4. Gräfelfing 1984.
- [21] CAMMERER, Walter: Wärme- und Kälteschutz im Bauwesen und in der Industrie (5. Aufl.). Berlin / Heidelberg 1995.
- [22] GORNIG, Martin / HAGEDORN, Hendrik / MICHELSEN, Claus: Bauwirtschaft - zusätzliche Infrastrukturinvestitionen bringen zunächst keinen neuen Aufschwung. In: DIW Wochenbericht, Jg. 2013, Nr. 47.

- [23] KRISCHER, Otto / KAST, Werner: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik (3. Aufl.). Berlin / Heidelberg / New York 1978.
- [24] ENEV 2014: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung).

5.5. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 auf Seite 11 :	Fotografie KGBauko
Abb. 2 auf Seite 22 :	Fotografie KGBauko
Abb. 3 auf Seite 23 :	Fotografie KGBauko
Abb. 4 auf Seite 24 :	Fotografie KGBauko
Abb. 5 auf Seite 24 :	Fotografie KGBauko
Abb. 6 auf Seite 25 :	Fotografie KGBauko
Abb. 7 auf Seite 25 :	Fotografie KGBauko
Abb. 8 auf Seite 25 :	Fotografie KGBauko
Abb. 9 auf Seite 26 :	Bleistiftzeichnung, Dipl.-Ing. Irene Root, KGBauko
Abb. 10 auf Seite 27 :	Fotografie KGBauko
Abb. 11 auf Seite 28 :	Fotografie KGBauko
Abb. 12 auf Seite 29 :	Fotografie KGBauko
Abb. 13 auf Seite 32 :	Moodle TU Darmstadt, KGBauko
Abb. 14 auf Seite 33 :	Moodle TU Darmstadt, KGBauko
Abb. 15 auf Seite 33 :	Moodle TU Darmstadt, KGBauko
Abb. 16 auf Seite 34 :	Moodle TU Darmstadt, KGBauko
Abb. 17 auf Seite 35 :	Moodle TU Darmstadt, KGBauko
Abb. 18 auf Seite 37 :	Poster KG, KGBauko
Abb. 19 auf Seite 38 :	Poster KG - Gastvortrag, KGBauko
Abb. 20 auf Seite 39 :	Entwurfsmodell Irakly Gvenetadze, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko

Abb. 21 auf Seite 39 :	Entwurfsmodell Anna-Lena Fischer, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 22 auf Seite 39 :	Entwurfsmodell Matthias Hörl, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 23 auf Seite 39 :	Entwurfsmodell Ervin Crnalic, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 24 auf Seite 39 :	Entwurfsmodell Oliver Vogt, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 25 auf Seite 39 :	Entwurfsmodell Ines Thillen, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 26 auf Seite 40 :	Entwurfsmodell Marvin Queke, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 27 auf Seite 40 :	Entwurfsmodell Maximilian Bienhaus, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 28 auf Seite 40 :	Entwurfsmodell Carina da Silva, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 29 auf Seite 40 :	Entwurfsmodell Moritz Kaut, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 30 auf Seite 41 :	Modelle aus Pappe, Gruppenarbeiten von Arndt-Philipp Seeger, Ines Thillen, Oliver Vogt, Annette Wagner, Irakly Gvenetadze, Maria Krieger, Sascha Schneemann, Miriam Stoisiek; Fotografie M.Sc. Adrian Zimmermann und Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 31 auf Seite 43 :	Poster BK, KGBauko
Abb. 32 auf Seite 44 :	Studentische Arbeit Stefan Manfred Glück, Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 33 auf Seite 44 :	Studentische Arbeit, Stefan Manfred Glück
Abb. 34 auf Seite 44 :	Studentische Arbeit, Stefan Manfred Glück
Abb. 35 auf Seite 47 :	Studentische Arbeit, Samara Ratta Molina
Abb. 36 auf Seite 45 :	Studentische Arbeit, Samara Ratta Molina
Abb. 37 auf Seite 45 :	Studentische Arbeit, Samara Ratta Molina Fotografie Maximilian Rühl, KGBauko
Abb. 38 auf Seite 47 :	Poster GH, KGBauko
Abb. 39 auf Seite 49 :	Poster GBD I, KGBauko

5. Anhang

Abb. 40 auf Seite 50 :	Studentische Arbeit, Kavika Krishnapalan
Abb. 41 auf Seite 50 :	Studentische Arbeit, Kavika Krishnapalan
Abb. 42 auf Seite 51 :	Studentische Arbeit, Kavika Krishnapalan
Abb. 43 auf Seite 51 :	Studentische Arbeit, Kavika Krishnapalan
Abb. 44 auf Seite 51 :	Studentische Arbeit, Kavika Krishnapalan
Abb. 45 auf Seite 51 :	Studentische Arbeit, Kavika Krishnapalan
Abb. 46 auf Seite 51 :	Studentische Arbeit, Kavika Krishnapalan
Abb. 47 auf Seite 52 :	Studentische Arbeit, Kavika Krishnapalan
Abb. 48 auf Seite 53 :	Studentische Arbeit, Kavika Krishnapalan
Abb. 49 auf Seite 54 :	Studentische Arbeit, Anna-Lena Fischer
Abb. 50 auf Seite 55 :	Studentische Arbeit, Anna-Lena Fischer
Abb. 51 auf Seite 56 :	Studentische Arbeit, Anna-Lena Fischer
Abb. 52 auf Seite 56 :	Studentische Arbeit, Anna-Lena Fischer
Abb. 53 auf Seite 57 :	Studentische Arbeit, Anna-Lena Fischer
Abb. 54 auf Seite 57 :	Studentische Arbeit, Anna-Lena Fischer
Abb. 55 auf Seite 58 :	Studentische Arbeit, Anna-Lena Fischer
Abb. 56 auf Seite 59 :	Studentische Arbeit, Anna-Lena Fischer
Abb. 57 auf Seite 60 :	Poster GBD II, KGBauko
Abb. 58 auf Seite 62 :	Seminararbeit, Nils Ehrenfeld
Abb. 59 auf Seite 62 :	Seminararbeit, Nils Ehrenfeld
Abb. 60 auf Seite 63 :	Seminararbeit, Nils Ehrenfeld
Abb. 61 auf Seite 64 :	Seminararbeit, Nils Ehrenfeld
Abb. 62 auf Seite 65 :	Seminararbeit, Lukas Müller
Abb. 63 auf Seite 65 :	Seminararbeit, Lukas Müller
Abb. 64 auf Seite 66 :	Seminararbeit, Lukas Müller
Abb. 65 auf Seite 67 :	Seminararbeit, Lukas Müller
Abb. 66 auf Seite 69 :	Poster FHZ, KGBauko
Abb. 67 auf Seite 70 :	Studentische Arbeit, Lena Packert
Abb. 68 auf Seite 70 :	Studentische Arbeit, Sha Yang

5. Anhang

Abb. 69 auf Seite 71 :	Studentische Arbeit, Sha Yang
Abb. 70 auf Seite 72 :	Studentische Arbeit, Lena Packert
Abb. 71 auf Seite 72 :	Studentische Arbeit, Johannes Koch
Abb. 72 auf Seite 73 :	Studentische Arbeit, Elisabeth Muth
Abb. 73 auf Seite 73 :	Studentische Arbeit, Arien Afzaly
Abb. 74 auf Seite 74 :	Studentische Arbeit, Julia Krok
Abb. 75 auf Seite 75 :	Studentische Arbeit, Yitian Gao
Abb. 76 auf Seite 75 :	Studentische Arbeit, Lena Packert
Abb. 77 auf Seite 80 :	Diagramm nach Daten des statischen Bundesamtes, Dipl.-Ing. Scholeh Abedini, KGBauko
Abb. 78 auf Seite 81 :	Grafik KGBauko
Abb. 79 auf Seite 82 :	Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
Abb. 80 auf Seite 83 :	Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
Abb. 81 auf Seite 84 :	Poster zur Präsentation des Fassadenreinigers auf der WAPRO Tagung 2014
Abb. 82 auf Seite 85 :	I. Karin , J. Reising: Der hochbeanspruchte Wälzkontakt – Am Beispiel der spaltprofilierten Laufflächen eines Fassadenreinigers. In 9. Fachtagung Walzprofilieren & 5. Zwischenkolloquium des SFB 666
Abb. 83 auf Seite 86 :	Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
Abb. 84 auf Seite 87 :	Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
Abb. 85 auf Seite 88 :	Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
Abb. 86 auf Seite 89 :	Fotografie SFB 666
Abb. 87 auf Seite 91 :	Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
Abb. 88 auf Seite 93 :	Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
Abb. 89 auf Seite 93 :	Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
Abb. 90 auf Seite 94 :	Grafik Dipl.-Ing. Architekt Alexander Pick, KGBauko
Abb. 91 auf Seite 94 :	Grafik Dipl.-Ing. Architekt Alexander Pick, KGBauko
Abb. 92 auf Seite 95 :	Grafik Dipl.-Ing. Architekt Alexander Pick, KGBauko
Abb. 93 auf Seite 96 :	Grafik Dipl.-Ing. Architekt Alexander Pick, KGBauko
Abb. 94 auf Seite 97 :	Grafik Dipl.-Ing. Architekt Alexander Pick, KGBauko

- Abb. 95 auf Seite 98 : Grafik Dipl.-Ing. Architekt Alexander Pick, KGBauko
Abb. 96 auf Seite 99 : Grafik Dipl.-Ing. Jakob Reising, KGBauko
Abb. 97 auf Seite 102 : Abbildung nach Döring [8]
Abb. 98 auf Seite 108 : Grafik M. Eng. Robert Burgaß und Janek Zindler
Abb. 99 auf Seite 109 : Grafik M. Eng. Robert Burgaß und Janek Zindler
Abb. 100 auf Seite 111 : Grafik M. Eng. Robert Burgaß und Janek Zindler
Abb. 101 auf Seite 112 : Prof. Architekt Stefan Schäfer, KGBauko

Header-Bilder

Deckblatt Fotografie Prof. Architekt Stefan Schäfer,
Grafik Dipl.-Ing. Irene Root, KGBauko

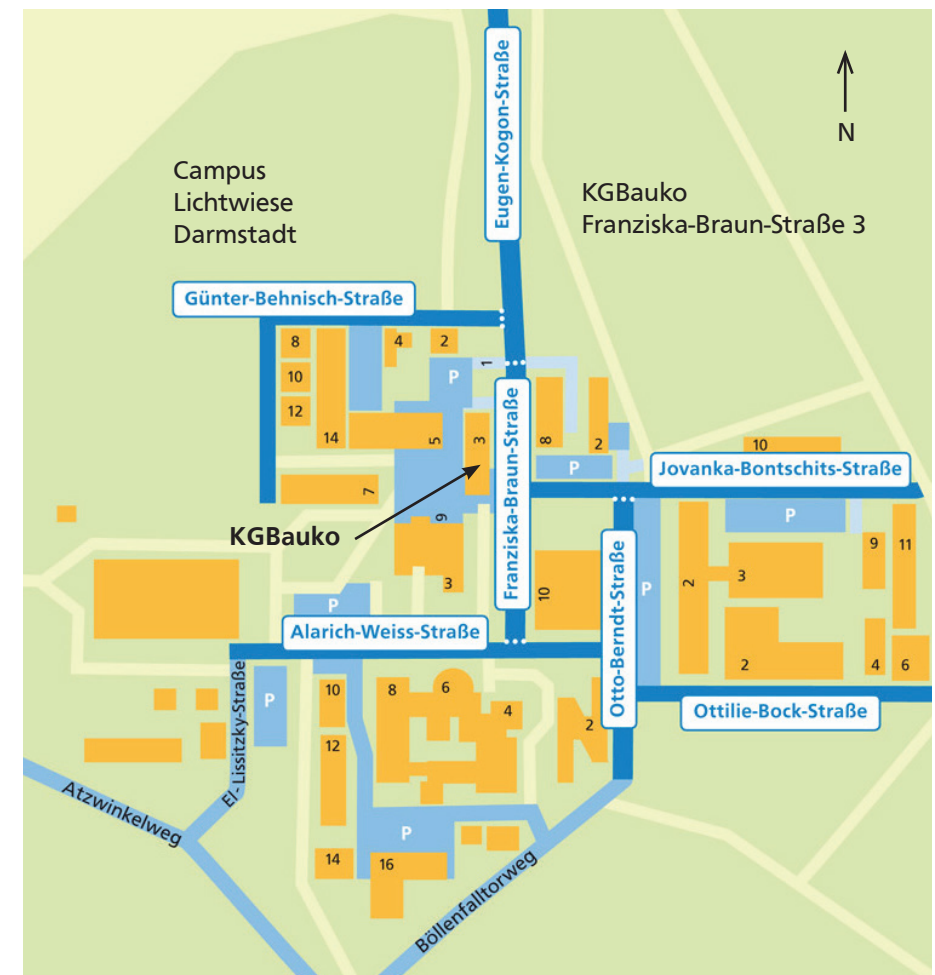
Kapitel 1
Abb. auf Seite 11: Fotografie, KGBauko

Kapitel 3
Abb. auf Seite 30: Grafik, KGBauko
Abb. auf Seite 76: Grafik, KGBauko
Abb. auf Seite 77: Fotografie und Grafik, KGBauko

Kapitel 4
Abb. auf Seite 79: <http://www.sfb666.de>
Abb. auf Seite 90: Grafik, KGBauko
Abb. auf Seite 100: Fotografie und Grafik, KGBauko
Abb. auf Seite 106: Fotografie, KGBauko

Kapitel 5
Abb. auf Seite 123: Lageplan, Grafik TUD, KGBauko

5.6. Anfahrt



5. Anhang

5.7. Impressum

Herausgeber	Prof. Architekt Stefan Schäfer Technische Universität Darmstadt Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion Franziska-Braun-Straße 3 64287 Darmstadt Telefon: +49 6151 16 - 21380 Fax: +49 6151 16 - 21384 www.kgbauko.de info@kgbauko.tu-darmstadt.de
Redaktion	Prof. Architekt Stefan Schäfer Dipl.-Ing. Irene Root
Gestaltung und Umsetzung	Dipl.-Ing. Irene Root
Auflage	1. Auflage, November 2015
Ausgabe	3. Ausgabe
KGBauko aktuell	ISSN 2195 - 9080